Statistik

der

Kometenbahnelemente.

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

philosophischen Fakultät Sektion II

der K. Ludwig-Maximilians-Universität München

vorgelegt von

Kasimir Jantzen.

München 1912

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

Statistik

der

Kometenbahnelemente.

Inauguraldissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

philosophischen Fakultät Sektion II

der K. Ludwig-Maximilians-Universität München

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

vorgelegt von

Kasimir Jantzen.

München 1912

Akademische Buchdruckerei von F. Straub.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41548316_0016

Einleitung.

Obwohl die Resultate einer Statistik nur dann auf einen guten Erfolg rechnen können, wenn man eine große Anzahl von Gegenständen betrachtet, so wurde schon die Statistik der Kometenelemente vor mehr als 100 Jahren getrieben, obgleich in jener Zeit die Anzahl der beobachteten Kometen kleiner als 100 war.

Man hat sich zuerst mit der Verteilung der Bahnebenen beschäftigt; hier sind die Namen von Lambert, Bode und Laplace[1]) zu nennen. Die Resultate dieser Statistik waren durch Laplace und wahrscheinlich auch durch Lambert und Bode so aufgefaßt, daß die Bahnebenen im Raume gleichmäßig verteilt sind. Diese Auffassung aber war auf der falschen Annahme begründet, daß nämlich alle Neigungen mit gleicher Wahrscheinlichkeit vorkommen, was, wie Cournot nachgewiesen hat, nicht richtig ist.

In neueren Zeiten wurde die Statistik der Neigungen oft angeführt und sämtliche Rechnungen (Mohn, Schiaparelli, Fabry)[2]) wiesen auf die Tendenz der Bahnebenen der Kometen hin, sich in der Nähe der Ekliptik anzuhäufen.

Auch die Verteilung der Perihele war öfters einer statistischen Untersuchung unterworfen, und auch hier gelangte die 100 jährige Arbeit zu ziemlich ähnlichen Resultaten.

Hinsichtlich dieser Resultate sind zwei Richtungen zu unterscheiden. Eine Richtung legte der Verteilung der Perihele kosmische Ursachen zu Grunde. Die Repräsentanten dieser Richtung sind Mossoti, Schiaparelli, vielleicht auch Brorsen.

---

[1]) Laplace, „Theorie analytique du calcul des probabilités".

[2]) Mohn, „Om Kometbanernes indbyrdes Beliggenhed"; Schiaparelli, „Entwurf einer astronomischen Theorie der Sternschnuppen"; Fabry, „Sur les comètes hyperboliques".

Die zweite Richtung will diese Verteilung durch irdische Sichtbarkeitsbedingungen erklären. Hier sind die Namen von Lehmann-Filhés[1]) und Holetschek[2]) zu zitieren.

Die Existenz der Anhäufung der Perihele ist, wie ich schon gesagt habe, schon längst bemerkt worden; einzelne Astronomen aber beschreiben diese Anhäufung in verschiedener Weise. Im allgemeinen aber weist man auf zwei Längen hin, unter welchen die Perihele etwas dichter vorkommen.

So ist also bei:

Bode[3])	Zwillinge und Krebs (60°, 90°)
Brorsen[4])	70° und 250°
Lardner[5])	75° und 200°
Houzeau[6])	102° und 282°
Swedstrup[7])	93°,6 und 263°,2
Holetschek	90° und 270°
Meine Resultate	100° und 280°.

---

[1]) Lehmann-Filhés, A. N., Bd. 96, S. 145.

[2]) Da ich die Arbeiten von Holethschek oft zitieren werde, so erlaube ich mir an dieser Stelle alle zusammen beizufügen:

1. „Über die Bahn eines Kometen, der während seiner günstigen Helligkeit nicht aus den Sonnenstrahlen heraustreten kann". Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. 88, 2.

2. „Über die Richtung der großen Achsen der Kometenbahnen". Ibid., Bd. 94, 2.

3. „Über die Frage nach der Existenz der Kometensysteme". Ibid., Bd. 96, 2.

4. „Über die Verteilung der Bahnelemente der Kometen". Ibid., Bd. 98, 2a.

5. „Über den scheinbaren Zusammenhang der heliozentrischen Perihellänge mit der Perihelzeit der Kometen". Ibid., Bd. 99, 2 a.

6. „Über die Unsichtbarkeit von Kometen für den Äquator und für höhere geographische Breiten". Ibid., Bd. 109, 2a.

7. „Über die scheinbaren Beziehungen zwischen den heliozentrischen Perihelbreiten und den Periheldistanzen der Kometen". Ibid., Bd. 111, 2 a.

[3]) Bode, Berliner Jahrbuch 1812, S. 158.

[4]) Brorsen, A. N., Bd. 34, S. 337.

[5]) Lardner, Monthly Notices, Bd. 13, S. 188.

[6]) Houzeau, Bulletin de l'Academie royale de Belgique, Bd. 36. Bruxelles 1873.

[7]) Swedstrup, A. N., Bd. 107, S. 113. (In der letzten Arbeit hat der Verfasser gefunden, daß die Perihele einen Ring bilden. Der kleine Kreis, welcher sich zu dieser Ringformation am besten anschmiegt, hat nach Swedstrup für Pol die Richtung: $l = 178^0$, $b = 29^0$ und für Radius 91^0. Aus diesen Zahlen habe ich die Zahlen 93°,6, 263°,2 ausgerechnet. Diese letzten Zahlen stellen

Die Verteilung der Perihele war oft vielseitigen Untersuchungen unterworfen. In dieser Einleitung aber will ich mich nur auf diejenigen beschränken, die im weiteren Verlauf meiner Arbeit nicht berücksichtigt sind.

Ich zitiere also nur die Aufsätze von Hoek[1]), in welchen der holländische Astronom eine Idee durchführt, wonach einige Kometen, deren Perihele nahe aneinanderliegen, auch physisch gebundene Systeme bilden.

Die späteren Arbeiten von Glauser[2]) und Holetschek[3]) zeigen in genügender Weise, daß die Hypothese von Hoek nicht haltbar ist. Deswegen ist in meiner Arbeit diese Hypothese nicht berücksichtigt. Die Verteilung anderer Elemente ist nicht von so großer Bedeutung, wie die Verteilung der Perihele und der Neigungen. Deswegen also kommt sie nur als Nebenbetrachtung in denjenigen Arbeiten vor, welche sich mit der Statistik der Kometen beschäftigen. So z. B. untersucht Schiaparelli (Note e riflessioni) die Verteilung der Periheldistanzen, dasselbe finden wir bei Fabry (Sur les comètes hyperboliques) und bei Holetschek, welche zeigt, daß die Periheldistanz in einem Zusammenhang mit der Breite des Perihels und mit der Neigung steht.

Mit der Verteilung der Längen des Knotens beschäftigt sich J. Kleiber in einem Aufsatze in A. N., Bd. 115. Diese Arbeit ist durch die Anwendung der Wahrscheinlichkeitsrechnung interessant, kommt aber zu keinen positiven Resultaten.

Die interessantesten Fragen bieten die theoretischen Betrachtungen über die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens der hyperbolischen Kometenbahnen dar. Diesen Betrachtungen sind die Arbeiten von Laplace[4]), Gauß, Schiaparelli, Seeliger[5]), Nießl[6]) und Fabry[7]) gewidmet.

---

diejenigen Längen dar, unter welchen sich der Kreis von Swedstrup mit der Ekliptik schneidet.

[1]) Hoek, Monthly notices, Bd. 25, 26, 28.

[2]) Glauser, A. N., Bd. 99.

[3]) Holetschek, Sitzungsber. Bd. 96.

[4]) Laplace, „Sur les Comètes". Connaissances des tems, 1816.

[5]) Seeliger, „Über die Wahrscheinlichkeit des Vorkommens von hyperbolischen Kometenbahnen". A. A. Nr. 2986, B. A. Bd. 7.

[6]) Nießl, „Über die wahrscheinlichste Bahnform für die aus dem Weltraum in unsere Beobachtungssphäre gelangenden Körper. A.N., Bd. 135, S. 137.

[7]) Fabry, „Sur les Comètes hyperboliques".

Die Geschichte dieser Betrachtungen ist in dem zitierten Buch von Fabry sehr schön dargestellt; deswegen beschränke ich mich auf die Anführung der Namen.

Kapitel I.

Durchführung der Rechnungen.

Als Material für meine Arbeit habe ich das Buch von Galle „Kometenverzeichnis“ benützt. Dieser Katalog enthält alle Kometen bis inkl. 1893 und gibt für jeden Kometen alle wichtigen Bahnelemente an. Die Kometen nach 1893 sind der Vierteljahresschrift der Astronomischen Gesellschaft entnommen und für die Kometen des Galleschen Katalogs neue Bahnbestimmungen berücksichtigt.

In dieser Weise ist ein neuer Katalog gebildet, welcher 377 Kometen, die nur einmal beobachtet wurden, und 18 mehrfach beobachtete, enthält.

Das Verzeichnis von Galle enthält 15 wiederholt beobachtete Kometen. Die drei neuen berechneten Kometen sind folgende:

Broks 1889 V,
Holmes 1892 III,
Perrinet 1896 VII.

Für alle Elemente ist der Einfluß der Präzession berechnet, und als Normaljahr das Jahr 1850,0 gewählt.

Für die meisten Kometen von 1820 ab ist das Äquinoktium bei Galle angegeben, für einige ältere ist es mir gelungen in anderen Quellen das Äquinoktium zu finden.

Für alle anderen ca. 40 habe ich das Jahr des Periheldurchgangs als Äquinoktium angenommen.

Die Formel für die Präzession ist den „Bahnbestimmungen“ von Oppolzer entnommen. Da aber als Epoche das Jahr 1850,0 gewählt wurde und die Rechnung nur mit einer Genauigkeit von 0,1 Bogenminute durchgeführt wurde, so ließen sich die Formeln vereinfachen, und haben folgende Gestalt genommen:

$$\Pi = 173^0\ 0{,}2 - 0{,}6925\ (1850 - t) + 0{,}0000\ 0207\ (1850 - t)^2$$
$$\pi = 0{,}007992\ (1850 - t) + 0{,}0000\ 0005\ 42\ (1850 - t)^2$$
$$l = 0{,}837244\ (1850 - t) - 0{,}0000\ 0188\ 2\ (1850 - t)^2$$

$$\tau = -\operatorname{tg}\frac{i_0}{2}\operatorname{tg}\frac{\pi}{2} \qquad \gamma = \operatorname{ctg}\frac{i_0}{2}\operatorname{tg}\frac{\pi}{2}$$

$$T = \frac{\tau}{\text{arc } 1'}\sin(\Omega_0 - \Pi) + \frac{\tau^2}{\text{arc } 2'}\sin 2(\Omega_0 - \Pi)$$

$$C = \frac{\gamma}{\text{arc } 1'}\sin(\Omega_0 - \Pi) + \frac{\gamma^2}{\text{arc } 2'}\sin 2(\Omega_0 - \Pi)$$

$$\Omega_1 = \Omega_0 + l + T + C$$
$$\omega_1 = \omega_0 + T - C$$
$$i_1 = i_0 - \pi\cos(\Omega_0 - \Pi).$$

Die Größen Π, π und l (nur von der Zeit abhängig) waren gesondert von Jahr zu Jahr berechnet. Die Rechnungen waren, wie schon erwähnt, bis auf 0,1 Bogenminute ausgeführt; diese so gewählte Genauigkeit war, wie die Resultate gezeigt haben, wenigstens 10 mal zu groß. Deswegen könnte man ruhig die Präzession nur bei der Länge des aufsteigenden Knotens (Ω) berücksichtigen und bei anderen Elementen vollkommen vernachlässigen.

Aus Ω, ω und i habe ich die Perihelkoordinaten nach folgenden Formen

$$\sin b = \sin\omega\sin i$$
$$\operatorname{tg}(l - \Omega) = \operatorname{tg}\omega\cos i$$

berechnet, und als Kontrolle habe ich die Formel

$$\operatorname{tg} i\sin(l - \Omega) = \operatorname{tg} b$$

angewandt.

Aus den so transformierten Elementen unserer 395 Kometen ist ein Katalog gebildet, welcher folgende Daten enthält:

1. Laufende Nummer,
2. und 3. Zeit des Periheldurchgangs (bei Kometen, welche mehrfach erschienen sind, ist stets die letzte berücksichtigt),
4. Argument des Perihels (ω),
5. Länge des aufsteigenden Knotens (Ω),
6. Neigung (i),
7. log der Periheldistanz (log q),
8. Exzentrizität (e),
9. und 10. Koordinaten des Perihels (l, b),
11. Umlaufszeit.

Dieser Katalog liegt allen weiteren Betrachtungen und Rechnungen zu Grunde.

Kapitel II.

Über die Existenz des Systems der Massen in der Capella-Richtung.

In seinem Buche „Entwurf einer astronomischen Theorie von Sternschnuppen“ gibt Schiaparelli seine Ansicht über die Beziehung zwischen der Richtung der großen Achsen und den Periheldistanzen der Kometen. Er behauptet nämlich, daß die Kometen und Meteorströme, deren Periheldistanzen sehr klein sind, eine Tendenz haben, ihre Aphele in der Richtung des Punktes

$$A\,R = 72^0 \qquad \delta = +48^0$$

anzuhäufen.

Um diese Tatsache zu beweisen, nimmt er 19 Kometen und 5 Meteorströme; nämlich alle bis 1866 bekannten Himmelskörper, deren Periheldistanz kleiner als 0,2 ist.

Die Aphele dieser 24 Körper zeichnet er auf einer Himmelskarte auf, und kann zeigen, daß in einem kleinen Kreise, welcher um den Punkt $\alpha = 72^0$, $\delta = +48^0$ mit dem Radius 30^0 beschrieben ist, 9 Aphele liegen.

Wenn man weiter den Punkt $\alpha = 72^0$, $\delta = +48^0$ als Pol betrachtet, so liegen auf jener Seite des zu diesem Pole gehörigen Äquators 21 Aphele und auf der anderen Seite nur drei. Dies ist nach Schiaparelli bei Annahme einer zufälligen Verteilung der Kometen so unwahrscheinlich, daß nach seinen Worten „man viele Tausende gegen eines wetten kann, daß es keine Wirkung des Zufalles sein kann“.

Diese Gruppierung erklärt Schiaparelli durch die Annahme, daß ein System der Massen in der Capellarichtung existiere, welches die Anhäufung der Aphele hervorruft. Eine solche Erklärung scheint Schiaparelli sehr nahe zu liegen, denn auch in den anderen Arbeiten spricht er gerne über die Existenz der kosmischen Ströme im Raume.

Bevor ich angeben werde, wie sich diese Verteilung in der Beleuchtung der neuen Zahlen darstellt, erlaube ich mir zu bemerken, daß sie auch bei den Schiaparellischen Zahlen nicht so günstig ist, wie Schiaparelli angibt. Nämlich zwei Kometen, 1769 und 1593, deren

Aphele auf derselben Halbkugel wie der Punkt $= 72^0 \; = +48^0$ liegen sollen, befinden sich (immer nach den von Schiaparelli angegebenen Zahlen) auf der entgegengesetzten Halbkugel[1]). Der erwähnte rechnerische Fehler ist für die Schiaparellische Betrachtungsweise von keiner großen Bedeutung, weil beide Kometenaphele sehr nahe dem Schiaparellischen Äquator liegen. Nichtsdestoweniger ist, meiner Meinung nach, die Beweisführung selbst nicht einwandfrei. Denn die Punkte, welche gleich an der Grenzlinie liegen, für günstige zu halten, scheint mir nicht einwandfrei zu sein.

In meinem Kataloge habe ich 25 Kometen mit der Perihel-distanz kleiner als 0,2 gefunden, was die Anzahl von Schiaparelli nur um eins überschreitet, da die Meteorströme wegen Mangel an Material von mir nicht berücksichtigt sind. Diese Aphele zeigen, daß die Richtung $\lambda = 90^0 \; \beta = 37^0 4$ sich am besten eignet, um als Ausgangspunkt der Kometen angenommen zu werden. Das Kriterium $q < 0{,}2$ läßt sich, zu Gunsten der Erscheinung, bis 0,273 verbreitern, weitere Kometen aber können nicht mehr als günstig angesehen werden. Alle diese Ergebnisse lassen sich in folgender Tabelle zusammenfassen:

---

[1]) Eine kleine Rechnung kann darüber Aufschluß geben. Wenn wir eine Funktion

$$F(\lambda, \beta) = \operatorname{tg} \beta + \operatorname{ctg} \beta_0 \cos(\lambda - \lambda_0)$$

nehmen, und unter λ_0, β_0 den Punkt $\alpha = 72^0$, $\delta = +48^0$ verstehen, so muß F für sämtliche λ, β, welche von Capellapunkt weniger als 90^0 entfernt sind, positiv bleiben. In der Tat $F = 0$ ist die Gleichung des großen Kreises mit dem Pol $\alpha = 72^0 \; \delta = +48^0$, und da $\beta_0 > 0$ ist, so ist:

$$F(\lambda_0, \beta_0) = \operatorname{tg} \beta_0 + \operatorname{ctg} \beta_0 = \frac{1}{\sin \beta_0 \cos \beta_0} > 0.$$

Da aber dem Punkte in Capella nach dem Ekliptikalsystem die Koordinaten $\lambda_0 = 76^0\,46'$ $\beta_0 = +25^0\,22'$ entsprechen, so lautet unser Kriterium:

$$F(\lambda, \beta) = \operatorname{tg} \beta + 2{,}112 \cos(\lambda - 76^0 46') > 0.$$

Die Aphele der zwei erwähnten Kometen haben nach Schiaparelli folgende Koordinaten:

1796) $\lambda = 333^0$, $\beta = +20^0$; 1593) $\lambda = 350^0$, $\beta = -12^0$

1796) $F(333^0, +20^0) = +0{,}346 - 2{,}112 \cdot 0{,}238 = -0{,}139 < 0$

1593) $F(350^0, -12^0) = -0{,}208 + 2{,}112 \cdot 0{,}057 = -0{,}088 < 0.$

	Kometen von Schiaparelli	Kometen zwischen 1866—1909 $q < 0{,}2$	Alle Kometen bis 1909 $q < 0{,}2$	Kometen mit $0{,}2 < q < 0{,}273$	Alle Kometen mit $q < 0{,}273$
Im kleinen Kreise von 30°	9	1	8	2	10
Diesseits des größten Kreises	21	4	17	11	28
Jenseits des größten Kreises	3	2	8	1	9
Alle Kometen	24	6	25	12	37
Verhältnis der Kometen im kleinen Kreise zu allen Kometen	0,375	0,167	0,320	0,167	0,271
Verhältnis der Kometen im kleinen Kreise zu allen Kometen dividiert durch die Fläche des kleinen Kreises (0,067) . . .	5,605	2,491	4,775	2,491	4,050
Verhältnis der Kometen im großen Kreise zu allen Kometen	0,875	0,667	0,680	0,916	0,756
Verhältnis der Kometen im großen Kreise zu allen Kometen, dividiert durch die Fläche der Halbkugel	1,750	1,333	1,360	1,832	1,512

Nach den neuen Zahlen ergibt sich aber, daß die Dichte im kleinen Kreise (5, 6), welche bei den Schiaparellischen Zahlen eine merkwürdige Größe hatte, nicht mehr in dem Maße auffällig war; sie ist ja noch auffällig, da auch bei der Betrachtung der sämtlichen Kometenaphele ähnliche Dichten vorkommen (4, 2). Was wegen der größeren Anzahl eine noch größere Unwahrscheinlichkeit darstellt.

Die oben angeführte Tabelle zeigt jedenfalls, daß die neuen Zahlen im großen und ganzen das Schiaparellische Ergebnis bestätigen.

Obgleich diese Erscheinung viel Merkwürdiges an sich hat, so scheint mir doch, daß die Hypothese über den kometarischen Strom dies in nicht genügender Weise erklärt; weil durchaus nicht ersichtlich ist, warum die Kometen dieses Stromes kleine Periheldistanzen

haben sollen. Denn man kann mit vollkommener Sicherheit behaupten, daß die Gesamtanzahl der Kometen in dieser Beziehung keine Regelmäßigkeit zeigt.

Um mit der Erscheinung des Capellasystems zu schließen, muß ich noch erinnern, daß im Jahre 1879 (A. N., Bd. 96 S. 145) Lehmann-Filhés gezeigt hatte, daß die Anhäufung der Kometen mit kleiner Periheldistanz in den der Capella-Richtung benachbarten Gegenden sich durch Sichtbarkeitsbedingungen erklären läßt, und als eine Folge der parabolischen Bewegung betrachtet werden kann.

Kapitel III.

Über die Verteilung der Perihele.

Wenn man an eine Statistik der Kometen denkt, so muß man in erster Linie die Verteilung der Perihele der Kometen berücksichtigen. Denn es ist ohne weiteres zu sehen, daß jede Hypothese über den Ursprung der Kometen im tiefsten Zusammenhange stehen muß mit dem Ort, aus welchem der Komet zu uns kommt. Da aber der Ort der Ankunft bei parabolischen identisch, bei hyperbolischen fast identisch ist mit dem Aphele[1]), so kann man die Verteilung der Aphele bzw. Perihele studieren und hoffen, daß in dieser Weise das Geheimnis des Entstehens der Kometen gelöst wird.

Wenn man z. B. annimmt, daß die sämtlichen Kometen eine Strömung bilden, die aus gewisser Richtung uns erreicht, so muß eine Anhäufung der Kometenaphele in dieser Richtung stattfinden, und es hätte die Gesamterscheinung eine Ähnlichkeit mit derjenigen der Sternschnuppenradianten.

Eine ganz ähnliche Rolle muß, wenn wir die Kometen als vom Sonnensystem unabhängige Körper betrachten, die Sonnenbewegung im Raume spielen.

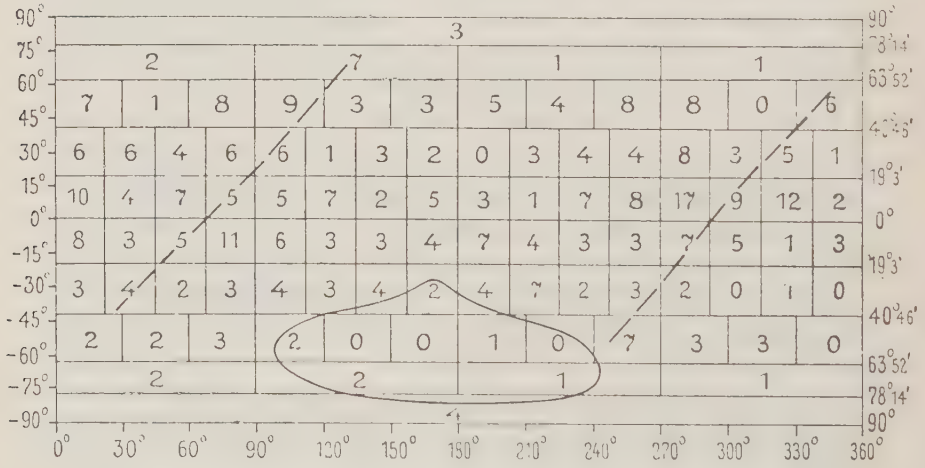
Nach der Schiaparellischen Meinung weisen die Kometen mit kleinen Periheldistanzen auf eine solche Strömung hin. Wenn wir also alle Kometen untersuchen wollen, so kann dieses Kapitel einigermaßen als Erweiterung des vorigen betrachtet werden.

---

[1]) Da die größte Exzentrizität (1852/II) = 1,02393 ist, so kann man sich leicht überzeugen, daß auch in diesem Grenzfalle der Fehler, in dem man Aphel anstatt Ort der Ankunft nimmt, kleiner ist als 22′ 15″.

Ähnlich also wie früher habe ich alle Perihele auf zwei Hemisphären gezeichnet. Das einzige, was beim ersten Anblicke auf den Karten zu bemerken ist, ist ein starkes Überwiegen der Perihele auf der nördlichen Halbkugel (nördlich von der Ekliptik) im Vergleich mit der südlichen (Verhältnis 242 : 153 = 1,58). Dieses Verhältnis wird von vielen durch irdische Umstände erklärt, nämlich durch eine größere Anzahl von Sternwarten auf der nördlichen Halbkugel. Man darf aber nicht außer acht lassen, daß bei Annahme des Äquators anstatt der Ekliptik als Schnittebene dieses Verhältnis anstatt sich zu vergrößern, sich verkleinert (233 : 162 = 1, 44).

Um eine schematische Darstellung dieser Verteilung zu haben, versuchen wir die Kugel in gleiche Teile (Körperwinkel) zu schneiden. Ich habe sie in 98 Teile geteilt. Den nördlichen Kegel, welcher durch den Breitenkreis 78° 24′3 gebildet wird, nehmen wir als einen Teil, die Zone zwischen 63° 52′5 und 78° 24′3 als vier Teile, die Zone zwischen 40° 46′4 und 63° 52′5 als 12 Teile und beide Zonen zwischen 19° 3′5 und 40° 46′4 und 0° — 19° 3′5 als 16 Teile an. Und denken uns die Teilung in derselben Weise auf der südlichen Halbkugel ausgeführt. Wenn wir in einer Zeichnung das so erhaltene Gitter darstellen, so bekommen wir folgendes Bild:



Die Zahlen, die in einzelnen Rechtecken stehen, repräsentieren die Anzahl der Perihele. Diese Zahlen sind miteinander ohne weiteres zu vergleichen. Wir bemerken leicht einen großen leeren Raum, welcher ungefähr die Koordinaten 165° und — 55° hat und zwei

Anhäufungen: die eine mit den Koordinaten 90° und 0° und die andere mit den Koordinaten 280° und 0°. Die beiden Anhäufungen erstrecken sich, so wie die auf der Zeichnung punktierten Linien zeigen.

Diese Anhäufungsbereiche kann man als einen Anhäufungsgürtel auffassen. Das ist alles, was uns dieses schematische Bild zeigen kann. Man bemerkt auch noch, daß die maximale Anhäufung (280°, + 10°, 17 Perihele) keinen Zusammenhang mit der Capella-Richtung hat.

Über die Existenz des erwähnten Gürtels können wir uns auf anderem Wege überzeugen. Er ist schon erkenntlich, zwar nicht scharf, beim Ansehen der Karten, und hat im allgemeinen den Verlauf des Meridians 100° bzw. 280°.

Eine geeignete Tabelle läßt keinen Zweifel über die Existenz dieses Gürtels. Diese Tabelle ist nach den Längen, in denen die Perihele auftreten, aufzustellen. Sie zeigt uns folgendes Bild:

Länge	Neue Zahlen		Schiaparellische Zahlen	
	Nördliche Perihele	Südliche Perihele	Nördliche Perihele	Südliche Perihele
0°— 30°	25	15	7	7
30 — 60	19	16	7	7
60 — 90	22	19	9	11
90 —120	27	12	11	9
120 —150	16	10	10	4
150 —180	11	11	5	2
180 —210	11	15	12	3
210 —240	16	12	8	7
240 —270	22	16	8	7
270 —300	36	14	12	6
300 —330	22	9	5	7
330 —360	15	4	9	9

Die besprochene Erscheinung kommt ebenso bei unseren Zahlen wie bei den Schiaparellischen vor. Vielleicht ist es etwas deutlicher bei den neuen Zahlen, besonders bei südlichen Perihelen. Das Maximum liegt zwischen 90° und 120°, und 270° und 300°, für die nördliche Halbkugel, sowohl bei Schiaparelli wie bei uns. Für die südliche Halbkugel dagegen ist das Maximum um eine Zone verschoben (60—90 und 240—270). Bei Schiaparelli kommt das zweite Maximum auf der südlichen Halbkugel nicht vor. Einen etwas

größeren Unterschied zwischen Schiaparelli und unseren Zahlen bekommen wir, wenn wir statt der Intervalle von 30° Länge Intervalle von 180°, also zwei volle sphärische Oktanten benützen. Das Minimum, auf welches Schiaparelli hinweist (120 — 300), ist bei unseren Zahlen nicht zu bemerken, und überhaupt hat der Verlauf der Tabelle einen regelmäßigen Charakter.

Länge	Neue Zahlen		Schiaparellische Zahlen	
	Nördliche Perihele	Südliche Perihele	Nördliche Perihele	Südliche Perihele
0°—180°	120	83	49	40
30 —210	106	83	53	36
60 —240	103	79	54	36
90 —270	103	76	53	32
120 —300	112	78	54	29
150 —330	118	77	49	32
180 —360	122	70	53	39
210 — 30	136	70	49	43
240 — 60	139	74	48	43
270 — 90	139	77	49	47
300 —120	130	75	48	50
330 —150	120	76	53	47

Ehe ich den Vergleich unserer Perihelstatistik mit derjenigen von Schiaparelli schließe, will ich noch hier eine Tabelle hinzufügen, welche die Verteilung der Perihele in bezug auf die Breiten zeigt.

Breite	Neue Zahlen		Schiaparellische Zahlen	
	Anzahl	%	Anzahl	%
+ 90° bis + 30°	80	29,9	51	28,2
+ 30 „ 0	90	33,7	51	28,2
0 „ — 30	64	24,0	48	26,5
— 30 „ — 90	33	12,4	31	17,1

In dieser Tabelle waren eliptische Kometen ausgeschlossen. Da die Bereiche, in welche die Himmelskugel durch unsere Breitenkreise geteilt ist, von gleicher Fläche sind, so sind die angeführten Zahlen unmittelbar zu vergleichen. Unsere Zahlen bestätigen gut den Schluß

von Schiaparelli, daß die Kometen, deren Perihele in der Nähe des südlichen Pol der Ekliptik sich befinden, schwer zu entdecken sind.

Das wichtigste Resultat, welches wir bei der Betrachtung der Perihele gefunden haben, ist die Existenz eines Anhäufungsgürtels; dies haben wir konstatiert in mehrfacher Weise. Diese Tatsache war schon früher bekannt, und eine Erklärung dafür finden wir bei Holetschek. Damit wollen wir uns beschäftigen.

Die Hypothese von Holetschek führt alles auf Sichtbarkeitsbedingungen zurück.

Kometen, welche beim Periheldurchgang sich auf der Verbindungsgerade Sonne—Erde befinden, haben bessere Chancen entdeckt zu werden als alle anderen. Wenn wir also mit L die Länge der Sonne zur Zeit des Periheldurchgangs bezeichnen, so müssen die Kometen mit $L - l = 0$ oder $= 180^0$ am häufigsten vorkommen und zwar müssen sich die Kometen mit kleiner Periheldistanz bei $L - l = 0$ anhäufen. Da aber die günstige Zeit für die Entdeckung der Sommer ist ($L = 90^0$), so muß die Anzahl der Kometen bei $l = 90^0$ und 270^0 ihr Maximum erreichen.

Das ist das Raisonnement von Holetschek. Um diese Hypothese zu prüfen, habe ich für alle Kometen $L - l$ gerechnet und einen Katalog nach wachsender Periheldistanz (q) gebildet. Es ergibt dann die Statistik folgende Resultate:

$L-l$	Anzahl der Kometen										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
	Alle	$q \leqslant 0{,}3$	$q \geqslant 0{,}3$	$q \leqslant 0{,}5$	$q \geqslant 0{,}5$	$q \leqslant 0{,}6$	$q \geqslant 0{,}6$	$q \leqslant 0{,}8$	$q \geqslant 0{,}8$	$q \leqslant 1{,}0$	$q \geqslant 1{,}0$
$340^0 - 10^0$	20	5	15	10	10	11	9	12	8	17	3
10 — 40	17	3	14	5	12	7	10	9	8	11	6
40 — 70	21	8	13	10	11	12	9	14	7	16	5
70 —100	20	0	20	4	16	8	12	10	10	12	8
100 —130	43	4	39	6	37	10	33	20	23	30	13
130 —160	37	3	34	8	29	8	29	15	22	27	10
160 —190	66	1	65	6	60	11	55	21	45	41	25
190 —220	47	3	44	7	40	11	36	19	28	29	18
220 —250	26	1	25	3	23	4	22	12	14	16	10
250 —280	32	3	29	8	24	11	21	19	13	20	12
280 —310	27	4	23	10	17	15	12	19	8	21	6
310 —340	21	6	15	11	10	14	7	17	4	17	4

Man sieht, daß die erste Kolumne ein sehr merkliches Maximum bei ca. 180° hat, dies stimmt sehr gut überein mit der Hypothese von Holetschek. Das zweite Maximum ist hier nicht zu erkennen. Da es aber von der nicht zahlreichen Klasse der Kometen mit kleinem q stammen soll, so ist leicht zu verstehen, daß das zweite Maximum durch das erste absorbiert wird. Die Spuren dieses vermuteten Maximums sind in den Kolumnen 2 und 4 zu bemerken. Jedenfalls sieht man deutlich, daß die Spalten 2, 4 usw. bei 180° kein Maximum zeigen. Der Verlauf der Erscheinung wird am besten klar, wenn man graphische Darstellungen der beigefügten Zahlen macht. Ich muß jedoch darauf bestehen, daß der zweite Teil der Holetschekschen Hypothese, welche die eigentliche Erklärung unserer Perihelen-Gürtels sein sollte, nicht gut mit unseren Zahlen stimmt. Um dies zu zeigen, habe ich eine ganz ähnliche Statistik, wie nach $L - l$, nach l durchgeführt. Ich erlaube mir, sie hier beizufügen.

l	Anzahl der Kometen																
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
	Alle	$q < 0{,}3$	$q > 0{,}3$	$q < 0{,}4$	$q > 0{,}4$	$q < 0{,}5$	$q > 0{,}5$	$q < 0{,}6$	$q > 0{,}6$	$q < 0{,}7$	$q > 0{,}7$	$q < 0{,}8$	$q > 0{,}8$	$q < 0{,}9$	$q > 0{,}9$	$q < 1{,}0$	$q > 1{,}0$
350°— 20°	39	2	37	9	30	10	29	15	24	17	22	22	17	26	13	29	10
20 — 50	26	6	20	6	20	8	18	9	17	10	16	14	12	15	11	18	8
50 — 80	39	2	37	5	34	6	33	7	32	11	30	15	24	22	17	24	15
80 —110	44	1	43	3	41	5	39	7	37	11	33	19	25	23	21	27	17
110 —140	24	1	23	2	22	5	19	7	17	8	16	10	14	11	13	15	9
140 —170	25	4	21	4	21	4	21	6	19	9	16	9	16	10	15	14	11
170 —200	21	3	18	4	17	5	16	8	13	10	11	11	10	14	7	16	5
200 —230	22	1	21	3	19	4	18	7	15	8	14	10	12	11	11	15	7
230 —260	37	5	32	8	29	14	23	18	19	23	14	24	13	26	11	28	9
260 —290	51	9	42	13	38	17	34	24	27	26	25	31	20	35	16	37	14
290 —320	28	5	23	7	21	7	21	10	18	14	14	14	14	18	10	22	6
320 —350	21	2	19	3	18	3	18	4	17	5	16	8	13	8	13	12	9
	377																

Wir sehen hier ganz deutlich in allen Kolumnen zwei Maxima, welche dem Anhäufungsgürtel auf den Hemisphären entsprechen. Es ist aber immerhin merkwürdig, daß die beiden Maxima fast gleicher Stärke sind, was der oben angeführten Tabelle, wo nur ein Maximum zu bemerken war, widerspricht.

Um das zu erklären, müßte man annehmen, daß Sommer und Winter gleich günstig für die Entdeckung der Kometen sind. Es müßte ferner für Kometen mit kleiner q das Maximum bei 90^0 bedeutend dasjenige bei 270^0 überwiegen.

Hier haben wir nun gerade die umgekehrte Erscheinung, was besonders sichtbar in der Spalte 2 und 4 ist. Überhaupt ist hier zu konstatieren, daß in 2, 4, 6 usw. das erste Maximum, und in 3, 5, 7 usw. das zweite Maximum zunimmt.

Das alles steht nicht mit der Holetschekschen Erklärung im Einklang. Unsere Ergebnisse scheinen also zu zeigen, daß gegen die Holetscheksche Annahme der Winter bessere Bedingungen zur Entdeckung der Kometen bietet als der Sommer.

Nach meiner Meinung aber kann auch eine solche unregelmäßige Veränderung der Holetschekschen Hypothese keine fruchtbare Resultate geben, weil die Periheldurchgänge ziemlich gleichmäßig auf alle Jahreszeiten verteilt sind. Dies sieht man in folgender Tabelle der Periheldurchgänge nach Monaten.

	Anzahl
Januar	31
Februar	20
März	32
April	32
Mai	24
Juni	38
Juli	24
August	26
September	40
Oktober	35
November	39
Dezember	36

Dieses Diagramm zeigt, daß im Herbst die meisten Kometen durch das Perihel durchgehen, was sowohl mit Holetschek wie mit unserer Statistik (nach l) im Widerspruche steht[1]).

[1]) Es kommt in dieser Arbeit nicht darauf an, ob die theoretischen Untersuchungen von Holetschek einwandfrei sind. Deswegen auch beschäftige ich mich hier nur damit, um die Resultate dieser Untersuchung auf die wirkliche Verteilung der Perihele anzuwenden. Wenn die besprochene Hypothese also die Anhäufung der Perihele unter den Längen 90^0 und 270^0 durch die Existenz

Bei Gelegenheit wollte ich noch erwähnen, daß unsere Zahlen den durch Holetschek gefundenen Zusammenhang zwischen der Perihel-distanz und der Breite des Perihels gut bestätigen.

Dieser Zusammenhang besteht darin, daß die mittlere Breite des Perihels mit wachsender Periheldistanz abnimmt.

Diese Erscheinung, welche Holetschek mittels Sichtbarkeits-bedingungen erklärt, läßt sich deutlich aus der folgenden Tabelle ersehen.

q	b_m	Zahl der Kometen
0,0 — 0,4	35°6	67
0,4 — 0,8	29 7	120
0,8 — 1,2	26 4	113
1,2 — 1,6	20 0	45
1,6 — 2,0	27 6	16
über 2,0	17 4	16

Daß die zwei letzteren mittleren Breiten sich hier unregelmäßig im Vergleich mit der Holetschekschen Hypothese verhalten, läßt sich leicht verstehen. Die Anzahl der Kometen (16, 16) ist zu klein, um

---

einer Anhäufung der $L-l$ bei 180° und durch die von der Jahreszeit abhängigen Bedingungen der Entdeckung erklärt, so müssen diese Entdeckungen, oder besser gesagt, die Längen der Sonne beim Durchgang des Kometen durch das Perihel sich bei 270° und 90° anhäufen.

Wenn die Hypothese von Holetschek wirklich eine Erklärung des Perihelengürtels wäre, so müßten die Maxima von l bei 90° und 270°, von $L-l$ bei 180° und von L bei 270° und 90° von derselben numerischen Natur sein.

Unsere Ergebnisse leugnen dies in der Tat, wenn wir die Himmelskugel in vier Teile in folgender Weise zerlegen:

	I	II	III	IV
l	320°—50°,	140°—230°,	50°—140°,	230°—320°
$L-l$	315 —45 ,	135 —225 ,	45 —135 ,	225 —315
L	0 —90 ,	270 —360 ,	90 —180 ,	180 —270

so muß I und II immer an Kometenperihele arme Gegenden des Himmels darstellen, dagegen III und IV muß reich an Perihele sein.

In der Tat, bei l und $L-l$ ist das der Fall bei

$$l \quad 153 : 224 = 0{,}68$$
$$L-l \quad 124 : 253 = 0{,}49.$$

Die Verteilung des l ist aber der Hypothese von Holetschek ungünstig,

$$192 : 185 = 1{,}04.$$

einen sicheren mittleren Wert zu geben. Das zeigt sich ziemlich deutlich in folgender Tabelle, wo die mittleren Breiten für je 80 Kometen gerechnet sind. Natürlich sind hier die Zuwüchse der Perihel-distanz nicht untereinander gleich[1]).

q	b_m	Zahl der Kometen
0,0 —0,475	34°2	80
0,475—0,727	29 3	80
0,727—0,960	28 0	80
0,960—1,357	25 8	80
über 1,357	20 7	57

Im nächsten Kapitel werden wir untersuchen, ob der gefundene Perihelengürtel im Zusammenhange mit kosmischen Ursachen steht.

Kapitel IV.

Einfluss der Milchstrasse und der Sonnenbewegung auf die Verteilung der Perihele.

Ich will hier untersuchen, ob es einen Zusammenhang zwischen der Verteilung der Perihele und der Milchstraße gibt. Natürlich, unter der Milchstraße verstehe ich hier nur die mittlere Ebene, welche den Pol hat $\alpha = 12^h\,49^m$, $\delta = 27^0\,30'$, was in ekliptischen Koordinaten $\lambda = 179^0\,16'$, $\beta = 29^0\,54'$ entspricht.

Um die Statistik durchzuführen, habe ich die Koordinaten der fünf galaktischen Parallelkreise (60^0, 30^0, $0^0 - 30^0 - 60^0$ galaktischer Breite) gerechnet, wozu ich die folgenden Formeln gebraucht habe:

$$\sin b = \cos k \sin b_0 + \sin k \cos b_0 \cos t$$
$$\sin (l - l_0) = \sin k \sin t \sec b,$$

wo $l_0\, b_0$ die Koordinaten des galaktischen Poles bezeichnen,
l, b laufende Koordinaten des Parallelkreises,
$(90^0 - k)$ galaktische Breite des Parallelkreises,
t laufenden Parameter.

[1]) Über die Verteilung der Bahnelemente der Kometen. Sitzungsberichte der Wiener Akademie, Bd. 98, II a.

Die Formeln waren berechnet unter Annahme folgender Werte für t:

$$t = 0^0,\ 10^0,\ 20^0,\ 30^0 \text{ usw.}$$

Das Resultat wurde auf einem Millimeterpapier gezeichnet, wobei l als x-Achse, b als y-Achse genommen waren. Bei der so durchgeführten Rechnung war es sehr leicht, sich zu überzeugen, zu welchen der sechs erhaltenen Breiten jedes einzelne Perihel gehört. Die Resultate sind unmittelbar nicht zu vergleichen; man muß darauf achten, daß die Bereiche von verschiedener Größe sind und man muß das in der Rechnung berücksichtigen.

Ich werde die Statistik in folgender Tabelle kurz zusammenfassen:

Zone	a Galaktische Breite	b Anzahl der Perihele	c Theoretische Anzahl	d Wirkliche %	e Theoretische %	f Verhältnis b : c
I	90^0—60^0	17	26,4	4,3	6,7	0,64
II	60 —30	76	72,3	19,2	18,3	1,05
III	30 — 0	108	98,8	27,6	25,0	1,08
IV	0 —30	113	98,8	28,3	25,0	1,15
V	30 —60	69	72,3	17,4	18,3	0,96
VI	60 —90	12	26,4	3,2	6,7	0,45
	zusammen	395				

Die letzte Kolumne zeigt, daß die Perihele eine Tendenz haben, in der Ebene der Milchstraße sich zu gruppieren. Diese Tendenz ist vielleicht nicht sehr scharf im Sinne der Anhäufung, jedenfalls zeigt sie sich unbestritten als Abwesenheit der Perihele in Richtungen der galaktischen Pole.

Die Existenz eines leeren Raumes in der Verteilung der Perihele war schon Schiaparelli bekannt, und für das Zentrum dieses leeren Raumes gibt Schiaparelli den Punkt von 340° Länge und —30° Breite. Dieser leere Raum entspricht gut unserem südlichen galaktischen Pole. An anderer Stelle aber sagt Schiaparelli, daß zwischen der Milchstraße und Verteilung der Perihele kein Zusammenhang zu bemerken ist. Da aber unsere Statistik auf zwei leere Räume hinweist, so müssen wir, entgegen der Meinung von Schiaparelli, auf einem Zusammenhang bestehen, und glauben, daß die Erklärung des Perihelengürtels, welche nicht genügend gut durch Holetscheksche

Sichtbarkeitsbedingungen gegeben war, durch Ursachen kosmischer Natur erfolgen muß.

Ich bin sehr weit davon entfernt, in diesem schönen und interessanten Gebiete eine Hypothese aufzustellen. Die Kometen, wie weitere Überlegungen zeigen werden, müssen zum Sonnensystem gehören. Bei Annahme, daß die Kometen aus den entferntesten Regionen des stellaren Raumes zu uns kommen, müßte man die Bewegung der Sonne gegen die Sterne bezweifeln. Da aber die Bewegung der Sonne auf viel sicheren Grundlagen ruht, als die unsere Kometenstatistik ergeben kann, so wäre eine solche Hypothese eine Erklärung der Erscheinung durch Annahmen, welche unwahrscheinlicher sind als die Erscheinung selbst.

Bevor ich mich mit dem Einfluß der Sonnenbewegung auf die wirkliche Verteilung der Perihele der Kometen beschäftigen werde, will ich klar machen, was theoretisch hier zu erwarten ist.

Ich nehme an, daß die Kometen unregelmäßig oder gleichmäßig im Raum verteilt sind und daß die Sonne in einer gewissen Richtung, welche wir als z-Achse wählen werden, sich bewegt.

Es sei V die Geschwindigkeit des Kometen im Raume; v_0 die Geschwindigkeit der Sonne, und v die relative Geschwindigkeit des Kometen in Bezug auf die Sonne. Es sei weiter $F(V)\,dV$ die Wahrscheinlichkeit, daß die Geschwindigkeit des Kometen zwischen V und $V + dV$ liegt.

Wir berechnen die Verteilung der Kometen-Aphele unter Voraussetzung, daß die Newtonsche Anziehung nicht wirkt.

Wir bestimmen die Lage des Kometen im Raume, indem wir den Winkel b zwischen der Apex- und der Sonne-Erde-Richtung geben. Es ist evident, daß hier der Symmetrie wegen keine Längen in Betracht kommen. Wir ordnen die Kometen im Raume so an, daß jeder Komet sich in einer Entfernung von der Sonne befindet, welche seiner wahren Geschwindigkeit proportional ist.

Es sei weiter angenommen, daß die Verteilungsfunktion F konstant bleibt, wenn V kleiner als eine gewisse obere Grenze a ist, und für größere V $F = 0$ sei.

Wir wollen die Wahrscheinlichkeit berechnen, daß die scheinbare Richtung eines bestimmten Kometenaphels innerhalb eines Kegels von der Öffnung β um die Apexrichtung liege.

Wir sehen sofort, daß der Ausdruck:

$$J = \int\int \sin b \, dV \, db, \tag{1}$$

wobei die Grenzen passend gewählt sind, dieser Wahrscheinlichkeit proportional ist.

Wir müssen also jetzt mit der Bestimmung der Integrationsgrenzen uns beschäftigen. Man sieht aus der Zeichnung, daß zwischen β, v, b, V folgende Beziehungen bestehen:

$$\left.\begin{aligned} V\sin b &= v\sin\beta \\ V\cos b + v_0 &= v\cos\beta \end{aligned}\right| \quad \operatorname{tg}\beta = \frac{V\sin b}{V\cos\beta + v_0} \tag{2}$$

$$\left.\begin{aligned} \cos b_1 &= -\frac{v_0}{V}\sin^2\beta + \frac{\cos\beta}{V}\sqrt{V^2 - v_0^2\sin^2\beta} \\ \cos b_2 &= -\frac{v_0}{V}\sin^2\beta - \frac{\cos\beta}{V}\sqrt{V^2 - v_0^2\sin^2\beta} \end{aligned}\right\} \tag{3}$$

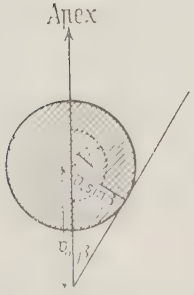
Man sieht leicht, daß b_1 denjenigen Wert von (2) bedeutet, welcher bei $\beta = 0$ selbst gleich 0 ist; dagegen b_2 bei $\beta = 0$ gleich 180^0 ist.

Es ist bequem das Integral J in drei folgende Teile zu zerlegen:

$$J = \int_0^a dV \int \sin b \, db = A + B + C,$$

wobei

$$A = \int_0^{v_0\sin\beta} dV \int \sin b \, db; \quad B = \int_{v_0\sin\beta}^{v_0} dV \int \sin b \, db; \quad C = \int_{v_0}^{a} dV \int \sin b \, db.$$



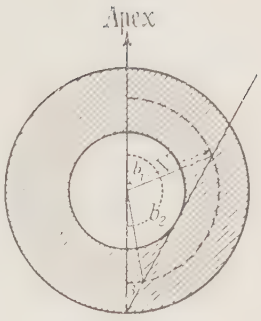
Wir sehen aus der Zeichnung, daß im Falle A alle Richtungen für b günstige Fälle geben. Deswegen müssen die Grenzen der ersten Integration von 0 bis π gewählt werden:

$$A = \int_0^{v_0\sin\beta} dV \int_0^{\pi} \sin b \, db = 2 v_0 \sin\beta.$$

Ebenso leicht lassen sich die Grenzen im Falle B bestimmen. Dann befinden sich die günstigen Fälle zwischen 0 und b_1 und auch zwischen b_2 und π. Also ist:

$$B = \int_{v_0 \sin\beta}^{v_0} dV \left\{ \int_0^{b_1} \sin b \, db + \int_{b_2}^{\pi} \sin b \, db \right\}$$

$$= \int_{v_0 \sin\beta}^{v_0} dV \left\{ 1 - \cos b_1 + \cos b_2 + 1 \right\}.$$



Es folgt aber aus (3):

$$\cos b_2 - \cos b_1 = -\frac{2\cos\beta}{V}\sqrt{V^2 - v_0^2 \sin^2\beta},$$

woraus:

$$B = 2\int_{v_0 \sin\beta}^{v_0} \left(1 - \frac{\cos\beta}{V}\sqrt{V^2 - v_0^2\sin^2\beta}\right) dV.$$

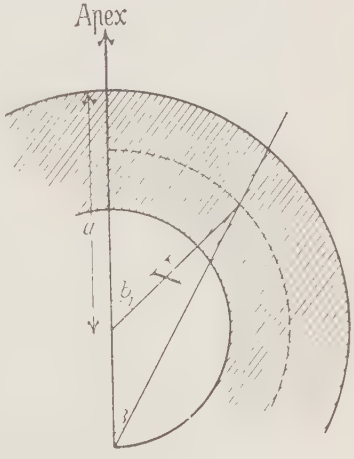
Mit Rücksicht auf den Zusammenhang:

$$\int \frac{dV}{V}\sqrt{V^2 - v_0^2\sin^2\beta} = \sqrt{V^2 - v_0^2\sin^2\beta} - v_0 \sin\beta \operatorname{arctg}\left\{\frac{\sqrt{V^2 - v_0^2\sin^2\beta}}{v_0 \sin\beta}\right\}$$

läßt sich B folgendermaßen integrieren:

$$B = 2v_0 - 2v_0\sin\beta - 2\cos\beta\{v_0\cos\beta - v_0\sin\beta \operatorname{arctg}(\operatorname{ctg}\beta)\}$$

Die Zeichnung gibt weiter, daß die Integrationsgrenzen in C, 0 und b_1 sein müssen:



$$C = \int_{v_0}^{a} dV \int_0^{b_1} \sin b \, db = \int_{v_0}^{a} dV (1 - \cos b_1) =$$

$$= \int_{v_0}^{a} dV \left(1 + \frac{V_0}{V}\sin^2\beta\right) - \frac{\cos\beta}{V}\sqrt{V^2 - v_0^2\sin^2\beta}$$

$$= a - v_0 + v_0\sin^2\beta \log_{\text{nat}}\frac{a}{v_0} - \cos\beta\sqrt{a^2 - v_0^2\sin^2\beta}$$

$$+ v_0\sin\beta\cos\beta \operatorname{arctg}\left\{\frac{\sqrt{a^2 - v_0^2\sin^2\beta}}{v_0\sin\beta}\right\} + v_0\cos^2\beta -$$

$$- v_0\sin\beta\cos\beta \operatorname{arctg}(\operatorname{ctg}\beta).$$

Die ganze Betrachtung läßt sich also folgendermaßen schreiben:

$$J = 2v_0 \sin\beta + 2v_0 - 2v_0 \sin\beta - 2v\cos^2\beta + v_0\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)\sin 2\beta + a - v_0$$
$$+ v_0 \sin^2\beta \log_{\text{nat}} \frac{a}{v_0} - \cos\beta\sqrt{a^2 - v_0^2\sin^2\beta} + \frac{1}{2}\sin 2\beta \operatorname{arctg}\frac{\sqrt{a^2 - v_0^2\sin^2\beta}}{v_0 \sin\beta}$$
$$+ v_0\cos^2\beta - \frac{v_0}{2}\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)\sin 2\beta$$
$$= v_0 + a - v_0\cos^2\beta + \frac{v}{2}\left(\frac{\pi}{2} - \beta\right)\sin 2\beta + v_0\sin^2\beta \log_{\text{nat}}\frac{a}{v_0}$$
$$- \cos\beta\sqrt{a^2 - v_0^2\sin^2\beta} + \frac{1}{2}\operatorname{arctg}\frac{\sqrt{a^2 - v_0^2\sin^2\beta}}{v_0\sin\beta}\cdot\sin 2\beta$$
$$J = a + v_0\sin^2\beta\left[\log_{\text{nat}}\frac{a}{v_0} + 1\right] + \frac{1}{2}v_0\sin 2\beta\left[\frac{\pi}{2} - \beta + \operatorname{arctg}\frac{\sqrt{a^2 - v_0^2\sin^2\beta}}{v_0\sin\beta}\right]$$
$$- \cos\beta\sqrt{a^2 - v_0^2\sin^2\beta}.$$

Durch eine analoge Untersuchung können wir uns überzeugen, daß der gefundene Ausdruck für J eine allgemeine Gültigkeit für alle β besitzt. (Unsere Zeichnungen haben implizite enthalten, daß $\beta < 90^0$ ist.)

Da die Wahrscheinlichkeit P dem Ausdruck J proportional sein muß, und für $\beta = 180^0$ $P = 1$ sein muß, so läßt sich der Proportionalitätsfaktor leicht bestimmen:

$$P(\pi) = 1 = kJ(\pi) = 2ka,$$

also:

$$k = \frac{1}{2a}.$$

Wir bekommen also für die gesuchte Wahrscheinlichkeit folgende Gleichung:

$$P(\beta) = \frac{1}{2a}\left\{a + v_0\sin^2\beta\left[\log_{\text{nat}}\frac{a}{v_0} + 1\right]\right.$$
$$\left. + \frac{1}{2}v_0\sin 2\beta\left[\frac{\pi}{2} - \beta + \operatorname{arctg}\frac{\sqrt{a^2 - v_0^2\sin^2\beta}}{v_0\sin\beta}\right] - \cos\beta\sqrt{a^2 - v_0^2\sin^2\beta}\right\}.$$

Um P numerisch zu berechnen, muß man für a und β irgend welche Zahlen wählen. Nehmen wir z. B.

I $a = v_0$ II $a = 10\,v_0$

a) $\beta = 30^0$, b) $\beta = 60^0$, c) $\beta = 90^0$, d) $\beta = 120^0$, e) $\beta = 150^0$

so erhalten wir für P 10 Werte:

	Ia,	Ib,	Ic,	Id,	Ie,	IIa,	IIb,	IIc,	IId,	IIe.

	I ($a = v_0$)	II ($a = 10\,v_0$)
a	0,7032	0,1644
b	0,9766	0,4192
c	1,0000	0,6647
d	1,0000	0,8521
e	1,0000	0,9636

a	0,7032	0,1644	Zone zwischen		90°	—	60°	der Apexbreite
b—a	0,2734	0,2548	„	„	60	—	30	„ „
c—b	0,0234	0,2455	„	„	30	—	0	„ „
d—c	0,0000	0,1874	„	„	0	—	—30	„ „
e—d	0,0000	0,1115	„	„	—30	—	—60	„ „
1—e	0,0000	0,0364	„	„	—60	—	—90	„ „

Dieses Resultat zeigt jedenfalls, daß eine große Anhäufung der Aphele in der Apex-Richtung zu erwarten ist; die Anhäufung wird um so größer sein, je kleiner a ist. Jedenfalls braucht man Werte $a > 10\,v_0$ nicht zu berücksichtigen, weil $a = 10\,v_0$ schon einer sehr großen Geschwindigkeit, nämlich 200 km/sek entspricht, was schon bei Sternen selten vorkommt.

Welches ist nun die wirkliche Verteilung der Aphele?

Um diese Frage zu beantworten habe ich fünf Parallelkreise von der Apexbreite

$$60^0,\quad 30^0,\quad 0^0,\quad -30^0,\quad -60^0$$

mit Hilfe der oben genannten Formel:

$$\sin b = \cos k \sin b_0 + \sin k \cos b_0 \cos t$$
$$\sin (l - l_0) = \sin k \sin t \sec b$$

ausgerechnet und auf beiden Hemisphären aufgezeichnet.

Dann ist die Abzählung leicht auszuführen; man muß nur darauf achten, daß überall die Perihele mit den Aphelen zu vertauschen sind.

Um diese Erscheinung besser untersuchen zu können, habe ich die Statistik der hyperbolischen Kometen gesondert gemacht:

Zone	Gesamtanzahl der Kometen-Aphele	Anzahl der hyperbol. Kometen-Aphele	Theoretische Anzahl [1]) der Gesamt-Aphele	Theoretische Anzahl [1]) der hyperbol. Aphele
0^0— 30^0	13	1	65	5
30 — 60	49	4	101	8
60 — 90	102	5	97	7
90 —120	97	3	74	6
120 —150	107	13	44	3
150 —180	27	4	14	1
	395	30	395	30

Schon der erste Anblick der Tabelle zeigt, daß hier die Theorie der Praxis sehr deutlich widerspricht, und diesen Widerspruch konnte man ja schon voraus sehen, da die große Mehrheit der Kometen parabolisch ist, also im großen und ganzen dieselbe Bewegung, wie die Sonne haben.

Es wäre also zu erwarten, daß bei hyperbolischen Kometen der Einfluß der Sonnenbewegung zu merken ist. Unsere Statistik leugnet dies. Da alle bekannten Kometen sehr wenig ausgesprochen hyperbolische Bahnen haben[2]) (die größte Exzentrizität ist = 1,02393), so ist das Resultat nicht sehr überraschend. Es wäre sehr interessant zu wissen, welche Eigenschaften die stark hyperbolischen Körper (Boliden, Meteore) haben. Leider aber erlaubt mir der Mangel an Material nicht, diese Statistik durchzuführen.

Ich will dieses Kapitel noch mit einigen Bemerkungen allgemeiner Natur schließen. Unsere Resultate stimmen nicht nur nicht mit den durch die Theorie gefundenen Zahlen überein, sondern zeigen sogar einen direkt entgegengesetzten Verlauf, d. h. in der Antiapexrichtung gibt es die stärkste Anhäufung der Perihele. Dies liegt meiner Meinung nach mit den Sichtbarkeitsbedingungen zusammen, nämlich damit, daß die nördliche Halbkugel viel reicher an Perihelen als die südliche ist. Natürlich können diese Sichtbarkeitsbedingungen Schwierigkeiten bei der Untersuchung der Meteoriten bereiten. Es ist also durchaus nicht sicher zu erwarten, daß die Sonnenbewegung im Meteorenproblem sich scharf ausdrücken wird.

[1]) Ausgerechnet unter der Annahme, daß $a = 10\, v_0$ ist.

[2]) Strömgren will auch hyperbolische Kometen als gestörte parabolische Kometen auffassen.

Es scheint mir der Schluß, daß die Kometen zum Sonnensystem gehören in dem Sinne, daß sie sich im großen und ganzen parallel mit der Sonne bewegen, begründet zu sein; diese Behauptung stelle ich desto mutiger auf, weil sie mit dem Problem des Fallens der Kometen auf die Sonne, mit welchem wir in dem nächsten Kapitel uns beschäftigen werden, übereinstimmt.

Ich erlaube mir zu erwähnen, daß die in diesem Kapitel angeführte Statistik mit den Resultaten von Herrn Fabry (Probabilité des comètes hyperboliques) gut übereinstimmt.

Kapitel V.

Über die Erscheinung, dass die Kometen nicht auf die Sonne fallen.

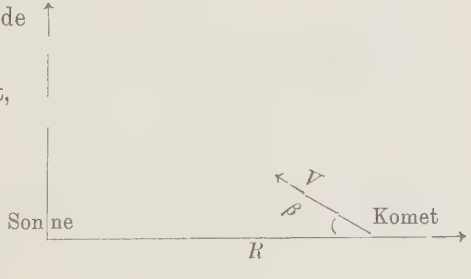
Die Sonne ist im Vergleich mit den Dimensionen des Planetensystems ein ziemlich großer Körper, welcher nicht mehr als Punkt zu betrachten ist. (Radius der Sonne = 1 : 200 der mittleren Erdentfernung.)

Es muß also ziemlich merkwürdig erscheinen, warum keiner von den bisher bekannten Kometen gerade auf die Sonnenscheibe gefallen ist.

Um uns in dieser Frage zu orientieren, versuchen wir, die Wahrscheinlichkeit, daß ein sichtbarer Komet auf die Sonne fällt, abzuschätzen. Bei dieser Abschätzung erlaube ich mir, eine ziemlich willkürliche Annahme zu machen, daß die Sichtbarkeitsbedingungen sich bloß dadurch ausdrücken, daß die Periheldistanz kleiner als eine gewisse Größe ist. Es ist nicht zu bezweifeln, daß die obige Annahme über die Periheldistanz eine notwendige Bedingung ist; sie ist aber noch lange keine hinreichende. Da aber hinreichende Bedingungen sich sehr schwer aufstellen lassen, so müssen wir uns mit der Hoffnung genügen lassen, daß diese Vereinfachung keine mißlichen Folgen nach sich zieht.

Wir führen nun folgende Bezeichnungen ein:

R = Abstand Sonne-Komet,
V = Geschwindigkeit des Kometen,
β = Winkel zwischen V und R.



Wir haben dann folgende Gleichungen:

$$RV\sin\beta = k\sqrt{p} \text{ (Flächensatz)}$$

$$V^2 = k^2\left(\frac{2}{R} - \frac{1}{a}\right)^{1)}$$

$$q = a(1-e)$$

$$e^2 = 1 - \frac{p}{a}.$$

Aus diesen Gleichungen bekommt man q als Funktion von R, V, β:

$$q = \frac{R}{2 - R\left(\frac{V}{k}\right)^2}\left[1 - \sqrt{1 - \left(2 - R\left(\frac{V}{k}\right)^2\right) R\left(\frac{V}{k}\right)^2 \sin^2\beta}\right] \quad (1)$$

Hier ist e aus e^2 zu bestimmen. Die vorliegende Zweideutigkeit ist aber nur scheinbar, weil e eine stets positive Größe ist. Das Vorzeichen $+$ in der Gleichung für q würde die Apheldistanz anstatt Periheldistanz bedeuten.

Was für Kurven sind nun in der V, β Ebene durch (1) bestimmt? Durch Quadrieren und Dividieren mit $2 - R\left(\frac{V}{k}\right)^2$ erhält man:

$$2q^2 - R\left(\frac{V}{k}\right)^2 q^2 - 2qR + R^3\left(\frac{V}{k}\right)^2 \sin^2\beta = 0. \quad (2)$$

Hieraus folgt:

$$\sin^2\beta = \frac{1}{R^3\left(\frac{V}{k}\right)^2}\left(2qR + R\left(\frac{V}{k}\right)^2 q^2 - 2q^2\right) \quad (3)$$

und

$$\left(\frac{V^2}{k^2}\right) = \frac{2q(R-q)}{(R^3\sin^2\beta - Rq^2)}. \quad (4)$$

Da

$$0 \leqq \sin^2\beta \leqq 1 \quad \text{und} \quad 0 \leqq \left(\frac{V}{k}\right)^2,$$

[1]) Gilt für alle Kegelschnitte:

für Ellipse ist $a > 0$,
„ Hyperbel „ $a < 0$,
„ Parabel „ $\frac{1}{a} = 0$

zu setzen.

so bekommt man folgende Bedingungen:

$$\left.\begin{aligned} (R+q) \times \left(\frac{V}{k}\right)^2 \geqq \frac{2q}{R}, \quad |\sin\beta| \geqq \frac{q}{R}; \\ \frac{d}{d\beta}\left(\frac{V}{k}\right)^2 = -\frac{2q(R-q)R^3\sin 2\beta}{(R^3\sin^2\beta - Rq^2)^2}. \end{aligned}\right\} \quad (5)$$

aus (4) sieht man auch:

Aus (5) können wir die für uns wichtigen Eigenschaften der Kurve ableiten.

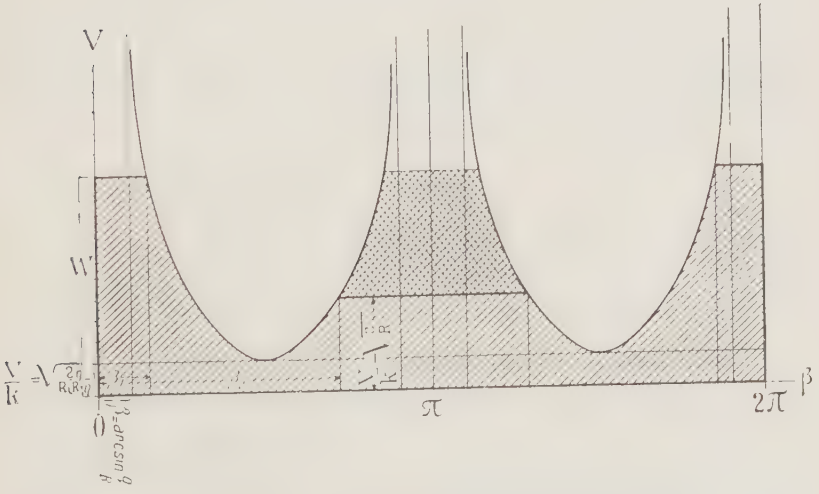
I. Sie ist symmetrisch in Bezug auf die Gerade $\beta = \pi$;

II. Sie liegt ganz oberhalb der Geraden $\frac{V}{k} = \sqrt{\frac{2q}{R(R+q)}}$ und berührt diese Gerade in den Punkten $\beta = \frac{\pi}{2}$ und $\beta = \frac{3\pi}{2}$;

III. Sie ist nur dort reel, wo $|\sin\beta \geqq \frac{q}{R}$ ist;

IV. Sie nimmt zwischen 0 und $\frac{\pi}{2}$ und zwischen π und $\frac{3}{2}\pi$ ab und nimmt zu zwischen $\frac{\pi}{2}$ und π und zwischen $\frac{3}{2}\pi$ und 2π;

V. Sie ist überall eindeutig (den Zweig $V < 0$ ziehen wir nicht in Betracht).



Aus (1) folgt, daß bei $\beta = 0$ auch $q = 0$ ist; die Kurve teilt also V, β Ebene so, daß der schraffierte Teil solchen Werten von Periheldistanz die kleiner als q sind, entspricht.

Lösung des Problems.

Es sei $F(V)\,dV$ die Wahrscheinlichkeit, daß die Geschwindigkeit zwischen V und $V + dV$ liegt. Da die Wahrscheinlichkeit, daß der Winkel β zwischen β und $\beta + d\beta$ liegt, sich durch $\frac{1}{2}\sin\beta\,d\beta$ ausdrücken läßt, so wird $\frac{1}{2}F(V)\sin\beta\,dV\,d\beta$ die Wahrscheinlichkeit, daß V zwischen V, $V + dV$ und β zwichen β, $\beta + d\beta$ liegen.

Ist q_0 der Radius der Sonne und q_1 der Radius der Sichtbarkeitssphäre, so wird sich die Wahrscheinlichkeit, daß einer der sichtbaren Kometen auf die Sonne fällt, in folgender Weise ausdrücken lassen:

$$P = \frac{J_0}{J_1},$$

wobei

$$J_0 = \iint\limits_{(\Omega_0)} F(V)\sin\beta\,dV\,d\beta$$

und

$$J_1 = \iint\limits_{(\Omega_1)} F(V)\sin\beta\,dV\,d\beta.$$

Die Bereiche (Ω_0) und (Ω_1) bedeuten je auf den schraffierten Teil der oben angeführten Zeichnung, wenn man $q = q_0$ bzw. q_1 einsetzt.

Hier ist noch eine wichtige Bemerkung anzufügen. Von den Kometen, für welche $\frac{\pi}{2} < \beta < \frac{3}{2}\pi$ ist, werden nur diejenigen auf die Sonne fallen, welche elliptische Geschwindigkeit besitzen. In unserem Bereiche muß noch die Gerade

$$\frac{V}{k} = \sqrt{\frac{2}{R}}$$

gezogen werden, und die Integration darf auf dem in der Mitte liegenden, doppelschraffierten Teil nicht durchgeführt werden.

Wir wollen die Funktion F in folgender Weise spezialisieren.

Für $0 \leq V \leq W$ sei $F(V) = \text{konst.} = \frac{1}{W}$.

Für $W \leq V \leq \infty$ sei $F(V) = 0$.

Wir brauchen die Integration nur auf die Hälfte (Ω) durchführen, weil es evident ist, daß

$$J = \iint\limits_{(\Omega)} F(V)\sin\beta\,dV\,d\beta = 2\iint\limits_{(\frac{1}{2}\Omega)} F(V)\sin\beta\,dV\,d\beta.$$

Es ist bequem J in drei Teile zu teilen

$$\frac{1}{2}J = \int_0^{\beta_1} \sin\beta\, d\beta \int_0^{W} \frac{1}{W}\, dV + \int_{\beta_1}^{\beta_2} \sin\beta\, d\beta \int_0^{k\sqrt{\frac{2q(R-q)}{R^3\sin^2\beta - Rq^2}}} \frac{1}{W}\, dV + \int_{\beta_2}^{\pi} \sin\beta\, d\beta \int_0^{k\sqrt{\frac{2}{R}}} \frac{1}{W}\, dV$$

$$\frac{1}{2}J = (1-\cos\beta_1)+(1+\cos\beta_2)\frac{k}{W}\sqrt{\frac{2}{R}} + \frac{k}{W}\sqrt{\frac{2q(R-q)}{R^3}} \int_{\beta_1}^{\beta_2} \frac{\sin\beta\, d\beta}{\sqrt{\sin^2\beta - \left(\frac{q}{R}\right)^2}}.$$

Dabei sind β_1 und β_2 aus den Gleichungen:

$$\sin^2\beta_1 = \frac{1}{R^3\left(\frac{W}{k}\right)^2}\left(2qR + R\left(\frac{W}{k}\right)^2 q^2 - 2q^2\right)$$

$$\sin^2\beta_2 = \frac{R}{q}$$

zu entnehmen.

$$\int_{\beta_1}^{\beta_2} \frac{\sin\beta\, d\beta}{\sqrt{\sin^2\beta - \left(\frac{q}{R}\right)^2}} = \int_{\cos\beta_2}^{\cos\beta_1} \frac{d\chi}{\sqrt{1-\frac{q^2}{R^2}-\chi^2}} = \left[\arcsin\frac{\chi}{\sqrt{1-\frac{q^2}{R^2}}}\right]_{\cos\beta_2}^{\cos\beta_1}$$

$$(\cos\beta = \chi) \qquad = \arcsin\left[\frac{\cos\beta_1}{\sqrt{1-\frac{q^2}{R^2}}}\right] - \arcsin\left[\frac{\cos\beta_2}{\sqrt{1-\frac{q^2}{R^2}}}\right].$$

Wir machen die Vereinfachung:

$$\frac{q^2}{R^2} = 0,$$

und erhalten dann:

$$\int_{\beta_1}^{\beta_2} \frac{\sin\beta\, d\beta}{\sqrt{\sin^2\beta - \left(\frac{q}{R}\right)^2}} = \arcsin(\cos\beta_1) - \arcsin(\cos\beta_2) = \beta_2 - \beta_1$$

$$\frac{1}{2}J = (1-\cos\beta_1) + (1+\cos\beta_2)\frac{k}{W}\sqrt{\frac{2}{R}} + \frac{k}{W}\sqrt{\frac{2q(R-q)}{R^3}}\,(\beta_2-\beta_1).$$

Da aber $\sin\beta_1$, $\sin\beta_2$ und auch $\sqrt{\frac{2}{R}}$ klein sind, so erhalten wir:

$$\beta_1 = 0^0$$

$$\beta_2 = 180^0$$

$$\frac{1}{2} J = \frac{k}{W} \sqrt{\frac{2q(R-q)}{R^3}} \cdot \pi.$$

Die gesuchte Wahrscheinlichkeit wird also:

$$P = \frac{J_0}{J_1} = \sqrt{\frac{q_0(R-q_0)}{q_1(R-q_1)}},$$

oder bei Abschätzung:

$$= \sqrt{\frac{q_0}{q_1}}.$$

Wählen wir nun:

$$q_0 = \frac{1}{200}$$

und

$$q_1 = 4,$$

so ist

$$P = \sqrt{\frac{1:200}{4}} = \frac{1}{28}.$$

Dieser Wert 1 : 28 ist viel größer als wir zuerst gedacht haben, obgleich vor der Durchführung der ganzen Rechnung vorauszusehen war, daß die gesuchte Wahrscheinlichkeit nicht einen unendlich kleinen Wert besitzt. Dieses Ergebnis muß umsomehr überraschen, als bei Vernachlässigung der Gravitation die Wahrscheinlichkeit $(q_0 : q)^2$ nur den Wert 1 : 640000 besitzt.

Dieses Resultat steht im größten Widerspruche mit der Wirklichkeit, weil von 395 Kometen keiner auf die Sonne gefallen ist. Die Anzahl 395 kann man um die 128 elliptischen Kometen vermindern, und die bleibenden 267 noch um umgefähr ein Drittel, weil ungefähr ein Drittel der Gesamtanzahl der Kometen erst nach dem Periheldurchgang entdeckt wurde. Es bleiben also noch 180 Kometen, auf diese kann man unbestritten die Wahrscheinlichkeit 1 : 28 anwenden. Es müßten also wenigstens 6 Kometen auf die Sonne gefallen sein, wenn die berechnete Wahrscheinlichkeit im Einklang mit der Wirklichkeit stehen soll.

Als einzige Erklärung dieser Tatsache, daß keiner der beobachteten Kometen auf die Sonne fiel, wäre die Hypothese anzunehmen, daß wir es bloß mit ausgedehnten elliptischen Kometen zu tun haben, und die parabolischen den Störungen zuzuscheiben sind. Dies ist also eine weitere Bestätigung der Meinung, daß die Kometen zum Sonnensystem gehören, die ja auch durch die Art der Verteilung der Perihele bestätigt wird.

Auf einem ganz anderen Wege könnte man zu demselben Schlusse kommen, nämlich durch Betrachtung der Wahrscheinlichkeit der hyperbolischen Kometen. Diese Betrachtungen, welche am weitesten durch Seeliger und Fabry geführt sind, zeigen, daß nach der Wahrscheinlichkeitstheorie hauptsächlich hyperbolische Kometen vorkommen müssen. Da dies aber in der Wirklichkeit nicht der Fall ist, so ist man gezwungen, die Kometen als permanente Mitglieder unseres Sonnensystems aufzufassen.

Kapitel VI.

Die Verteilung der Neigungen, Periheldistanzen und Exzentrizitäten.

Die bisherigen Betrachtungen haben die Eigenschaften zweier Kometenelemente erledigt (Koordinaten des Perihels). Es bleiben also noch vier Elemente zu untersuchen, da aber die Zeit der Perihel-durchgänge nichts charakteristisches darstellen kann[1]), so können wir uns auf die Untersuchung der Neigungen, der Periheldistanz und der Exzentrizität beschränken.

Mit der Verteilung der Neigungen hat sich schon Laplace in seinem „Calcul des Probabilités“ beschäftigt. Da er gefunden hat, daß die mittlere Neigung für alle bis zu seiner Zeit bekannten Kometen $46^0,3$ ist[2]), so meinte er, daß die Bahnebenen der Kometen gleichmäßig im Raume verteilt sind. Es ist hier aber zu bemerken, daß Laplace als theoretische mittlere Neigung 45^0 annimmt, d. h. er hält alle Neigungen für gleich wahrscheinlich. Dies ist aber, wie spätere Untersuchungen gezeigt haben (Cournot), nicht richtig,

[1]) Sie ist schon zum Teil in Kapitel III erledigt worden.

[2]) In diesen Betrachtungen sind die Neigungen immer von 0^0 bis 90^0 zu rechnen.

weil große Neigungen wahrscheinlicher als kleine sind. Eine richtig durchgeführte Überlegung ergibt bekanntlich, daß die mittlere Neigung gleich dem zur Bogenlänge 1 gehörigen Winkel (57° 296) sein muß. Diese theoretische mittlere Neigung zeigt, daß die Kometen von Laplace lange nicht gleichmäßig verteilt sind, es kommen nämlich kleine Neigungen öfters vor, als die Annahme einer gleichmäßigen Verteilung fordert.

Die mittlere Neigung, welche wir aus dem neuen Material erhalten haben, stimmt gut mit derjenigen von Laplace und lautet:

für alle Kometen . . . . . 47° 09
für alle bei Ausschluß der 18 periodischen Kometen 48° 30

Wir bekommen einen besseren Überblick über diese Verteilung, wenn wir eine Statistik der Kometen nach der Neigung aufstellen. Um die Resultate besser mit denjenigen von Schiaparalli vergleichen zu können, habe ich dieselbe Intervalle, nämlich von 10° zu 10° gewählt.

Intervalle der Neigungen	Alle Kometen		Kometen mit einer Periode über 100 Jahre		Theoretische Zahlen
	Zahlen von Schiaparelli	Neue Zahlen	Zahlen von Schiaparelli	Neue Zahlen	
0°—10°	7,9%	8,1%	5,8%	4,6%	1,5%
10 —20	7,5	10,4	3,9	6,6	4,5
20 —30	8,3	8,4	9,2	8,4	7,4
30 —40	10,1	11,9	10,2	12,7	10,1
40 —50	15,8	11,6	16,0	12,4	12,3
50 —60	14,0	13,2	15,5	14,7	14,3
60 —70	11,8	11,1	13,1	12,4	15,8
70 —80	12,3	13,4	13,1	15,0	16,8
80 —90	12,3	11,9	13,1	13,3	17,4

Diese Tabelle zeigt deutlich, daß die Bahnebenen die Tendenz haben, gegen die Ebene der Ekliptik hin sich anzuhäufen, was am besten durch die Betrachtung der ersten Zeilen sich sehen läßt. Diese Tendenz äußert sich etwas besser bei der Gesamtstatistik, als bei der Statistik der Kometen mit einer Periode über 100 Jahre.

Die Theorie zeigt, daß gerade die Hälfte der Kometen eine Neigung, welche kleiner ist als 60° haben sollte. Die Statistik zeigt aber, daß 63,6% der Kometen Neigung kleiner als 60° haben, und zufälliger Weise ist diese unsere Zahl identisch mit derjenigen von

Schiaparelli. Ich habe noch eine graphische Untersuchung der Pole der Bahnebenen durchgeführt. Die Karte zeigt in anschaulicher Weise das, was die Statistik der Neigungen angibt. Als neu erscheint hier, daß ein Anhäufungsgürtel, welcher durch den Pol geht, und einen Positionswinkel von etwa 115° mit der x-Achse bildet, existiert. Dieser Anhäufungsgürtel ist zwar sehr schwach, scheint aber die Resultate der Arbeit von Mohn zu bestätigen. Diese Arbeit „Om Kometbanernes indbyrdes Beliggenhed af H. Mohn“ war für mich aber der Sprache wegen sehr schwer zu verstehen.

Die Regelmäßigkeit in der Verteilung der Periheldistanzen war nach Schiaparelli so groß, daß er diese Verteilung als Gesetz bezeichnet hat. Meine Statistik zeigt keine so große Regelmäßigkeit, wie diejenige von Schiaparelli, nichtsdestoweniger scheint sie die Sichtbarkeitsbedingungen, welche Schiaparelli ausgerechnet hat, zu bestätigen. Die Resultate meiner Statistik will ich in folgender Tabelle zusammenfassen:

q	Anzahl der Kometen in %									
	bis 1750		von 1750—1850		nach 1850		Alle Kometen		Kom. v. Schiap.	Theorie
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	
0,0—0,1	3,8	3,7	5,7	5,3	3,7	3,0	4,3	3,8	5,1	4,7
0,1—0,2	3,8	3,7	3,8	3,5	1,8	1,5	2,9	2,5	4,6	5,0
0,2—0,3	6,3	6,2	3,8	3,5	4,3	3,5	4,6	4,1	5,1	5,3
0,3—0,4	10,1	9,9	6,7	7,1	5,5	5,0	6,9	6,6	6,6	5,7
0,4—0,5	8,9	8,6	5,7	6,2	4,3	3,5	5,8	5,3	4,6	6,4
0,5—0,6	15,2	14,8	10,5	9,7	6,7	6,5	9,8	9,1	11,2	7,9
0,6—0,7	8,9	8,6	6,7	8,0	8,6	7,5	8,1	7,9	8,1	8,1
0,7—0,8	13,9	13,6	7,6	7,1	9,2	8,5	9,8	9,1	10,2	8,2
0,8—0,9	11,4	12,3	10,5	10,6	6,1	5,5	8,7	8,4	9,1	8,2
0,9—1,0	10,1	9,9	7,6	7,1	12,3	11,9	10,4	10,1	9,6	8,1
1,0—1,1	5,1	4,9	7,6	7,1	9,2	8,5	7,8	7,3	7,6	7,9
1,1—1,2	0,0	1,2	5,7	6,2	3,7	5,0	3,5	4,6	4,1	7,4
1,2—1,3	0,0	0,0	4,8	4,4	3,7	5,0	3,2	3,8	3,0	6,8
1,3—1,4	1,2	1,2	1,0	0,9	4,3	6,5	2,6	3,8	1,5	5,8
1,4—1,5	0,0	0,0	4,8	5,3	1,2	2,0	2,0	2,5	3,0	4,3
1,5—1,6	0,0	0,0	1,9	2,7	1,8	2,0	1,4	1,8		0,0
1,6—1,7	0,0	0,0	1,0	0,9	1,2	2,5	0,9	1,5		
1,7—1,8	0,0	0,0	1,0	0,9	1,2	2,0	0,9	1,3	2,5	
1,8—1,9	0,0	0,0	0,0	0,0	2,5	2,5	1,2	1,3		
1,9—2,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,8	2,0	0,9	1,0		
2,0—∞	1,2	1,2	3,8	3,5	6,8	6,0	4,6	4,3	4,1	

a Kometen mit einer Umlaufzeit > 100 Jahre,
b alle Kometen.

Man sieht hier, was natürlich ohne weiteres vorauszusagen war, daß das Maximum sich allmählich infolge der fortschreitenden Verbesserung der Beobachtungsmethoden sich verschiebt; es war also in der ersten Periode bis 1750 zwischen 0,5—0,6, in der zweiten zwischen 0,8—0,9, in der dritten in der Entfernung 1,0. Nichtperiodische Kometen zeigen im Vergleich mit den periodischen keine größere Regelmäßigkeit, es ist, meiner Meinung nach, vollständig gerechtfertigt für die Schlüsse allgemeiner Natur, alle Kometen zu betrachten. Das Gesetz von den Periheldistanzen nach Schiaparelli sagt aus, daß bis zur Entfernung 0,5 die Anzahl der Kometen proportional zur Periheldistanz wächst; dasselbe ist der Fall zwischen 0,5 und 1,0, mit dem Unterschied, daß die Proportionalitätskonstante zweimal größer ist. Nach 1,0 nimmt die Anzahl der Kometen schnell ab.

Dieses Gesetz ist bei Schiaparelli ziemlich deutlich zu sehen, bei uns aber muß man sehr viel guten Willen haben um es herauszulesen. Diese Regelmäßigkeit erklärt Schiaparelli durch Sichtbarkeitsbedingungen und zwar auf folgende Weise: Nachdem er angenommen hatte, daß ein Komet zwischen den Kugeln von Radius 0,5 und 1,2 gut zu sehen ist, berechnet er wie viel Tage ein Komet mit den Periheldistanzen 0,0, 0,1, 0,2 usw. braucht, um diese Schichten zu durchlaufen. Diese Zahlen zeigen eine Ähnlichkeit mit den Schiaparellischen Kometenzahlen. Diese theoretischen Zahlen haben auch eine Ähnlichkeit mit unseren Zahlen, stimmen aber weniger gut mit den Schiaparellischen. Man bekommt etwas bessere Resultate, wenn man anstatt 0,5 und 1,2, die Schicht der günstigen Sichtbarkeit von 0,5 bis 1,5 annimmt. Solche Zahlen sind in die letzte Kolumne unserer Statistik eingefügt. Wir können also die Behauptung von Schiaparelli bestätigen, daß nämlich in der Statistik nach Periheldistanzen sich die Sichtbarkeitsbedingungen abbilden.

Da der Zweck unserer Statistik der ist, aus den Kometenelementen Schlüsse zu ziehen auf die kosmische Verteilung und Struktur der Kometen, so sind für uns sämtliche elliptischen Kometen, welche unzweifelhaft dem Sonnensystem angehören, viel weniger interessant als alle anderen. Deswegen sind in der Statistik nach der Exzentrizität bloß die hyperbolischen Kometen zu betrachten. Ich will bei Gelegenheit nur erwähnen, daß unter den 395 von mir bearbeiteten Kometen 127 elliptische, 30 hyperbolische und 238 parabolische Bahnen besitzen. Um das Resultat mit den theoretischen

Untersuchungen von Herrn Fabry zusammenzustellen, möchte ich hier nur bemerken, daß es unter 30 hyperbolischen Kometen nur 3 „ausgesprochen hyperbolische“ gibt, wobei ich unter den „ausgesprochen hyperbolischen“ diejenigen verstehe, deren halbe große Achse absolut genommen, kleiner als 100 ist. Diese wohlbekannte Tatsache zeigt deutlich an, daß die Kometen einen Teil des Sonnensystems bilden, und daß es selten oder niemals vorkommt, daß ein neuer Komet in das Sonnensystem hineingelangt.

Kapitel VII.

Schlusswort.

Im Schlußworte erlaube ich mir, noch einmal sämtliche Resultate zu wiederholen und so weit es möglich ist, eine Kritik der Methode zu geben.

Meine Resultate, obwohl sie die Erscheinung von Schiaparelli einigermaßen (weniger gut als die Zahlen von Schiaparelli selbst) bestätigen, erlauben nicht zu schließen, daß ein System von Massen in der Richtung der Kapella existiert; sowohl deswegen, weil diese Erscheinung nicht genügend scharf vorkommt, als auch weil ein genügender Grund vorhanden ist, warum sich diese Erscheinung nur bei Kometen mit kleiner Periheldistanz zeigen soll. Die Gruppierung der Perihele bzw. Aphele ist, abgesehen von einem Gürtel der Anhäufung, eine regelmäßige oder besser gesagt, eine zufällige.

Die Sichtbarkeitsbedingungen von Holetschek sind durch meine Resultate sehr gut bestätigt, jedoch erklären sie, meiner Meinung nach, die Existenz des Perihelengürtels nicht. Dagegen scheint die besprochene Anhäufung der Perihele im Zusammenhang mit der Milchstraße zu stehen.

Die Sonnenbewegung scheint auf Verteilung der Perihele keinen Einfluß zu haben, was sich besonders darin zeigt, daß in der Richtung des Apex eine Anhäufung der Perihele, anstatt Aphele, stattfindet.

Die letzte Erscheinung im Zusammenhang mit den Überlegungen über das Hinabstürzen der Kometen auf die Sonne und mit den theoretischen Resultaten von Seeliger und Fabry (über die Anzahl der hyperbolischen Kometen), weist darauf hin, daß die Kometen Mitglieder unseres Sonnensystems sind.

Die Statistik nach Neigungen läßt eine Tendenz der Bahnebenen sich in der Nähe der Ekliptikebene zu gruppieren, erkennen; was vielleicht Sichtbarkeitsbedingungen erklären könnten.

Die Verteilung der Periheldistanzen läßt sich, wenn auch nicht deutlich, als abhängig von den Schiaparellischen Sichtbarkeitsbedingungen darstellen. Damit bin ich mit den Resultaten meiner Untersuchung zu Ende.

Als ich diese Arbeit begann, glaubte ich, daß alle über das Entstehen der Kometen existierenden Hypothesen, entweder mit Sicherheit als richtig angesehen, oder mit Sicherheit als falsch verworfen werden könnten. Die Ergebnisse zeigen aber, daß diese Meinung nicht richtig war, und dies hätte man bei eingehender Auffassung des Gegenstandes voraussagen können. In der Tat, um etwas über die Kometen als Gesamterscheinung auszusagen, kann die Statistik als einzige Methode angewendet werden. Diese Methode, welche so schöne Erfolge bei der Untersuchung der Sterne gezeigt hat, zeigt sich hier um vieles schwächer, weil die Anzahl der betrachteten Gegenstände so klein ist.

Die Sterne, wegen ihrer enormen Anzahl, bedecken dicht die ganze Himmelskugel. Ihre Gruppierung also zeigt gewissermaßen kontinuierliche Eigenschaften. Die Kometen dagegen sind immer selten und jede Eigenschaft (z. B. die Verteilung der Perihele) von den letzten Entdeckungen neuer Kometen abhängig ist.

Bei der Beurteilung der Resultate muß man sich klar machen, wie wenig dieses ganze Kometenmaterial geben kann. Bei einer gleichmäßigen Verteilung der Perihele z. B. kommt durchschnittlich ein Perihel auf die Fläche einer Kugelkalotte von der Öffnung $2\alpha = 11^{0}5$. Man sieht also sofort, daß die Auffassung der Gruppierungen solcher einzeln stehender Perihele von den persönlichen Eigenschaften des Bearbeiters abhängig ist.

Ich muß also darauf aufmerksam machen, daß sämtliche hier erreichten Resultate nur einen wahrscheinlichen Charakter haben, und weit davon entfernt sind, was wir in den exakten Wissenschaften als sicher bezeichnen.

An dieser Stelle erlaube ich mir Herrn Geheimrat v. Seeliger meinen herzlichsten Dank auszusprechen für die Anregung zu dieser Arbeit und für seine mancherlei gesprächsweisen Mitteilungen.

Verzeichnis der benützten Kometenbahnelemente (Mittlere Äquinoctium 1850.0).

Nr.	Jahr	T	ω	Ω	i	log q	e	Koordinaten des Perihels l	b
1	−137	Apr. 29	350	220	160	0,0043		229 24,3	— 3 24,3
2	— 69	Juli	150	165	70	9,90		333 50,8	28 1,5
3	— 12	Okt. 8,80	108	28	170	9,76		279 44,4	9 30,4
4	+ 66	Jan. 14,2	67 59,3	57 42,3	139 37,2	9,6480		353 15,5	37 29,9
5	141	März 29,1	121 25,4	37 4,3	163 10,8	9,857		274 31,4	14 17,7
6	240	Nov. 10,0	81 57,6	211 22,4	43 49,2	9,570		290 17,8	43 16,9
7	565	Juli 14,5	79 29,7	177 22,6	120 49,6	9,92000		107 16,2	57 36,0
8	568	Aug. 29,33	22 43,4	313 41,6	4 15,4	9,95779		336 21,7	1 38,6
9	574	Apr. 7,29	15 29	145 57	46 22	9,9836		156 46,3	11 8,4
10	770	Juni 6,65	86 56	104 1	120 26	9,7801		20 3,3	59 25,7
11	837	März 1,00	276 59,9	219 59,7	168 54,3	9,76343		302 51,9	−11 0,8
12	961	Dez. 30,16	81 45,6	8 2,0	92 31.2	9,72988		351 8,7	81 23,2
13	989	Sept. 12,0	180 23,3	96 21,7	162 58,6	9,7546		275 59,4	— 6,8
14	1006	März 22	93 48,5	50 4,6	162 35,5	9,76604		316 5,2	17 22,1
15	1066	Apr. 1	121 9,5	36 59,1	163 4,7	9,857		274 41,6	14 25,4
16	1092	Febr. 15,0	30 47,9	136 6,6	28 50,3	9,9676		163 40,9	14 17,9
17	1097	Sept. 21,9	124 56,3	218 0,0	73 25,6	9,86832		15 47,4	51 47,2
18	1231	Jan. 30,31	121 39,5	21 46,2	6 9,4	9,9767		143 34,6	5 14,3
19	1264	Juli 19,80	159 41,0	148 58,2	16 24,7	9,9164		309 25,0	5 37,8
20	1299	März 31,32	103 52,1	114 50,2	111 0,8	9,50233		350 17,4	64 56,7
21	1301	Okt. 24,0	186 9,5	145 48,1	166 56,2	9,806		319 48,1	— 1 23,4
22	1337	Juni 15,08	90 47,1	100 14,7	139 30,9	9,91815		9 12,8	40 28,8
23	1362	März 2,33	9 53,1	243 42,2	147 58,6	9,67214		235 18,0	5 13,4
24	1366	Okt. 13	146	212	174	9,9814		65 51,3	3 21,0
25	1385	Okt. 16,27	166 39,4	274 57,1	127 45,7	9,8886		103 13,0	10 30,8
26	1402	März 21	91 3,3	123 12,8	54 57,7	9,58		215 3,1	54 56,9
27	1433	Nov. 7,78	189 22,4	102 9,9	103 59,1	9,69264		279 52,8	— 9 5,6
28	1449	Dez. 9,37	356 44,3	266 45,3	155 40,7	9,51510		269 43,7	— 1 20,6
29	1457 I	Jan. 17,99	194 39,0	255 19,6	13 15,3	9,84718		89 36,1	— 3 19,5
30	1457 II	Aug. 8,01	185 3,1	189 57,5	9 48,7	9,88106		14 56,2	— 51,6
31	1468	Okt. 7,43	69 47,9	76 28,4	141 59,4	9,91893		11 30,4	35 18,3
32	1472	Febr. 29,95	245 50,2	290 53,1	170 51,5	9,68654		45 19,4	— 8 20,1
33	1490	Dez. 24,48	129 51,8	293 47,4	51 38,4	9,8678		77 10,2	37 0,3
34	1499	Sept. 6,19	33 27,0	331 26,4	21 2,6	9,9795		3 5,8	11 25,0
35	1500	Mai 17	19 58.8	314 51,8	105 2,1	0,146		309 28,5	19 16,1
36	1506	Sept. 3,67	242 15,3	137 39,5	134 56,8	9,58657		264 19,8	−38 47,1
37	1532	Okt. 19,34	24 29,7	91 45,1	32 35,6	9,71535		112 45,1	12 54,3
38	1533	Juni 14,89	278 16,9	303 47,9	28 15,2	9,51436		223 10,9	27 56,0
39	1556	Apr. 22,19	100 48,3	179 23,6	32 23,4	9,69092		282 7,7	31 44,9
40	1558	Sept. 13,55	119 36,4	339 7,1	110 55,3	9,4480		191 15,9	54 18,2
41	1577	Okt. 26,95	255 39,7	29 9,1	104 52,0	9,24920		164 2,7	−69 27,5
42	1580	Nov. 28,50	89 21,2	22 52,3	64 35,7	9,77986		111 21,9	64 35,2
43	1582	Mai 6,42	333 0,6	233 1,1	119 11,9	9,22616		246 58,3	−23 20.3
44	1585	Okt. 8,03	331 38,9	41 11,4	6 7,3	0,03935		12 58,5	— 2 54,2
45	1590	Febr. 8,03	307 40,0	169 15,4	150 28,3	9,75414		217 40,6	−22 57,8

Nr.	Jahr	T	ω	Ω	i	log q	e	Koordinaten des Perihels l	b
46	1593	Juli 18,58	12 4,2	167 50,0	87 55,9	8,9499		168 16,5	12 3,7
47	1596	Juli 25,22	59 25,1	333 52,6	128 3,7	9,75370		287 39,9	42 40,5
48	1618 I	Aug. 17,13	24 51,7	296 43,2	21 29,0	9,71010		320 2,7	8 51,4
49	1618 II	Nov. 8,36	287 18,1	79 0,8	37 12,5	9,59056		10 22,5	—35 15,9
50	1652	Nov. 12,66	300 9,7	90 54,9	79 27,8	9,92814		73 26,8	—58 13,0
51	1661	Jan. 26,89	33 24,8	84 29,9	33 0,9	9,64613		113 26,9	17 27,6
52	1664	Dez. 4,49	310 37,3	83 54,5	158 41,8	0,01095		131 16,4	—16 0,4
53	1665	Apr. 24,23	156 6,2	230 36,5	103 54,2	9,02731		56 41,1	23 9,3
54	1668	Febr. 24,79	206 41,7	195 59,4	27 5,7	9,39990		40 6,3	—11 48,4
55	1672	März 1,45	109 32,4	300 35,6	82 57,7	9.84227		101 32,7	69 16,6
56	1677	Mai 6,03	99 10,8	239 13,7	100 56,2	9,44807		108 48.2	75 45,4
57	1678	Aug. 18,32	159 31,3	165 40,2	2 50,6	0,05892	0,62697	325 12,9	59,7
58	1680	Dez. 18,0	350 38,1	274 32,5	60 40,6	7,79400	0,99999	269 55,4	— 8 9,4
59	1683	Juli 13,10	87 48,7	175 44,5	96 45,5	9,74787		103 43,8	82 53,9
60	1684	Juni 8,27	330 19,3	270 30,0	65 25,3	9,98149		257 9,9	—26 45,6
61	1686	Sept. 15,83	81 54,7	356 20,7	34 57,0	9.52636		76 30.5	34 33.2
62	1689	Nov. 30,17	78 9,9	281 38,8	63 11,9	8,80909		346 43,3	60 52,7
63	1695	Nov. 9,71	203 57,7	218 11,7	21 59,1	9,9261		60 35,5	— 8 44,7
64	1698	Okt. 17,02	151 17,2	68 8,2	169 5,3	9,86252		276 24,7	5 13,1
65	1699	Jan. 13,41	109 32,1	323 47,7	109 24,5	9,87426		186 55,1	62 43,9
66	1701	Okt. 17,42	164 58,6	300 44,7	138 21,7	9,77278		132 5,2	9 55,0
67	1702	März 13,61	309 42,7	191 21,8	4 23,6	9,81079		141 9,5	— 3 22,7
68	1706	Jan. 30,21	59 25,5	15 11,6	55 15,2	9.63029		59 9.8	45 1.7
69	1707	Dez. 11,99	27 8,7	54 50,2	88 38,2	9,93401		55 32,1	27 8,2
70	1718	Jan. 14,91	6 17,0	129 47,2	148 51,1	0,01091		124 24,2	3 14,7
71	1723	Sept. 27,63	331 22,2	16 0,9	130 0,6	9,99947		35 21,3	—21 31,8
72	1729	Juni 16,15	10 24,9	312 18,5	77 4,8	0,60751		314 39.7	10 8,9
73	1737 I	Jan. 30,35	99 30,6	227 58.8	18 20,3	9,34796		327 59.3	18 4.6
74	1737 II	Juni 2,24	129 52,8	133 39,7	61 50.6	9,92155		287 12.6	42 34,7
75	1739	Juni 17,42	104 46,0	208 57,7	124 16,9	9,82839		93 52.8	53 2,2
76	1742	Febr. 8,20	328 2,8	187 6,5	112 58.0	9,88410		200 47,2	—29 9,7
77	1743 I	Jan. 8,20	7 20,2	87 29,8	1 53,6	9.93529	0,72131	94 49,8	14,5
78	1743 II	Sept. 20,65	119 2,4	7 42,1	134 23,7	9,71850		239 5,9	38 39,7
79	1744	März 1,35	151 27,8	47 12,9	47 7.8	9,34676		206 54.7	20 29,7
80	1747	März 3,31	230 17,1	148 45,1	100 53,0	0,34213		315 56,8	—49 3,6
81	1748 I	Apr. 28,79	17 27.7	234 17,1	94 31,2	9.92449		232 51.9	17 24.3
82	1748 II	Juni 18,89	245 39,3	34 33,7	67 4,1	9,79613		255 17,7	—57 2,6
83	1757	Okt. 21,34	268 43.0	215 32,8	12 49,8	9,52833		124 13,8	—12 49,6
84	1758	Juni 11,14	36 47,3	232 7.2	68 18,6	9,33315		247 34.2	33 48,7
85	1759 II	Nov. 27,01	273 55,0	140 55,9	79 6,0	9,90384		70 50,1	—78 25,5
86	1759 III	Dez. 16,85	301 29.9	81 13,8	175 7,5	9,98487		139 38.5	— 4 9,3
87	1762	Mai 28,34	115 28,2	348 46,9	85 38,0	0,00391		159 42,0	64 11,0
88	1763	Nov. 1,87	88 34,9	357 36,9	72 32,6	9,69748	0,99868	82 53,9	72 29,3
89	1764	Febr. 12,58	104 50,3	121 17,0	127 6,1	9,74446		7 34,5	50 26,5
90	1766 I	Febr. 17,37	100 54,4	245 20,3	139 9,5	9,70357		141 2.9	39 57,1

Nr.	Jahr	T	ω	Ω	i	log q	e	Koordinaten des Perihels l	b
91	1766 II	Apr. 27,00	177 9,5	75 13,8	8 1,9	9,60095	0,86400	252 25,0	23,8
92	1769	Okt. 7,63	329 7,5	176 11,8	40 45,2	9,08904	0,99925	151 49,7	−19 34,4
93	1770 I	Aug. 13,55	224 32,9	132 50,9	1 34,0	9,82895	0,78612	357 23,1	— 1 5,9
94	1770 II	Nov. 22,24	260 20,5	109 50,1	148 33,8	9,72283		211 7,0	−30 56,5
95	1771	Apr. 19,14	76 10,1	28 57,4	11 16,4	9,95513		104 51,8	10 56,5
96	1773	Sept. 5,61	314 6,0	122 9,7	61 13,9	0,05188		95 45,1	−39 0,7
97	1774	Aug. 15,84	136 43,0	181 48,3	83 19,8	0,15621		355 33,7	42 55,2
98	1779	Jan. 4,11	62 13,0	28 56,2	32 31,6	9,85316		86 56,2	28 24,3
99	1780 I	Sept. 30,95	237 5,8	124 40,2	125 36,4	8,98364	0,99995	262 41,2	−43 2,8
100	1780 II	Nov. 28,85	253 9,3	141 59,7	107 56,0	9,71204		274 39,9	−66 14,7
101	1781 I	Juli 7,20	156 11,3	85 58,3	81 43,4	9,88978		260 20,2	23 32,9
102	1781 II	Nov. 29,53	61 21,0	78 21,7	152 47,4	9,98272		19 55,4	23 39,0
103	1783	Nov. 19,94	354 37,6	56 36,1	45 7,1	0,16414	0,55246	52 43,3	— 3 48,3
104	1784	Jan. 21,21	336 5,6	57 45,1	128 51,0	9,84995		73 17,4	−18 23,9
105	1785 I	Jan. 27,33	205 39,1	265 6,8	70 14,2	0,05820		94 20,2	−24 2,5
106	1785 II	Apr. 8,42	127 11,1	65 35,6	92 38,0	9,63067		249 3,4	52 44,1
107	1786 II	Juli 8,57	323 14,8	196 17,3	50 58,1	9,59576		171 6,0	−27 41,8
108	1787	Mai 10,83	99 8,0	107 44,8	131 43,8	9,54271		4 10,1	47 27,1
109	1788 I	Nov. 10,32	57 49,2	157 49,2	167 31,8	0,02654		100 37,2	10 31,8
110	1788 II	Nov. 20,31	30 25,5	353 16,3	64 30,9	9,87928		7 27,2	27 12,1
111	1790 I	Jan. 16,80	114 25,3	173 40,2	150 15,4	9,87352		56 3,7	26 51,2
112	1790 III	Mai 21,25	119 28,0	34 1,4	116 8,0	9,90198		251 57,7	51 24,7
113	1792 I	Jan. 13,57	154 16,8	191 35,1	140 2,7	0,11161		31 53,8	16 7,5
114	1792 II	Dez. 27,26	147 15,3	284 3,5	130 58,4	9,98511		126 55,4	24 6,3
115	1793 I	Nov. 4,85	239 46,5	109 17,0	119 38,8	9,60574		248 57,0	−48 40,3
116	1793 II	Nov. 20,33	69 58,3	2 47,2	51 30,9	0,17440	0,97199	62 25,6	47 20,7
117	1796	Apr. 2,78	184 17,3	17 47,9	115 9,2	0,19856		195 58,4	— 3 52,9
118	1797	Juli 9,11	279 48,3	329 59,8	129 19,8	9,72149		44 44,6	−49 39,5
119	1798 I	Apr. 4,51	342 58,8	122 50,7	43 47,7	9,68577		110 23,1	−11 41,3
120	1798 II	Dez. 31,55	215 0,3	250 14,8	137 36,5	9,89192		42 53,8	−22 47,1
121	1799 I	Sept. 7,20	95 48,3	100 13,0	129 4,1	9,92421		1 3,2	50 34,3
122	1799 II	Dez. 25,90	136 28,8	327 31,9	102 58,8	9,79644		159 34,3	42 8,8
123	1801	Aug. 8,56	219 47,8	43 10,7	159 15,3	9,40894		185 15,5	−13 6,2
124	1802	Sept. 9,90	21 53,1	310 55,9	57 1,1	0,03906		323 16,0	18 13,2
125	1804	Febr. 13,59	331 56,9	177 26,5	56 28,3	0,02986		161 2,5	−23 4,8
126	1806 II	Dez. 28,93	225 19,6	322 59,0	144 57,8	0,03419	1,01018	103 21,2	−24 5,7
127	1807	Sept. 18,75	4 7,1	267 23,4	63 10,5	9,81032	0,99549	269 15,1	3 40,5
128	1808 I	Mai 12,96	253 45,5	323 33,6	134 17,2	9,59091		76 12,4	−43 24,9
129	1808 II	Juli 12,17	131 32,6	24 46,6	140 41,3	9,78387		245 54,2	28 18,3
130	1810	Okt. 6,24	114 55,9	309 24,1	62 55,8	9,98660		85 0,6	53 51,0
131	1811 I	Sept. 12,26	65 24,0	140 57,1	106 57,0	0,01511	0,99512	108 27,7	60 25,7
132	1811 II	Nov. 11,05	314 27,8	93 34,0	31 15,5	0,19912	0,98092	52 30,6	−21 44,2
133	1813 I	März 4,53	170 36,7	241 5,8	158 51,4	9,84468		69 51,8	3 22,4
134	1813 II	Mai 19,52	205 3,5	43 11,3	98 52,7	0,08468		219 3,7	−24 44,3
135	1816	März 1,35	304 20,4	323 43,6	43 5,6	8,68577		276 49,1	−34 20,4

Nr.	Jahr	T	ω	Ω	i	log q	e	Koordinaten des Perihels l	b
136	1818 I	Febr. 3,22	180 16,6	256 28,2	34 11,0	9,84255		76 41,9	— 9,3
137	1818 II	Febr. 25,97	112 19,4	71 2,0	89 43,9	0,07837		250 22,8	67 40,6
138	1818 III	Dez. 5,04	348 13,6	90 27,7	116 59,6	9,93196	1,01161	95 51,0	—10 26,7
139	1819 II	Juni 27,72	13 26,2	274 8,1	80 44,8	9,53341		276 20,3	13 15,5
140	1819 IV	Nov. 20,35	350 8,3	77 50,3	9 6,4	9,95052	0,69875	68 6,0	— 1 33,2
141	1821	März 21,54	169 11,6	49 5,3	106 27,0	8,96295		232 10,9	10 21,6
142	1822 I	Mai 5,57	344 37,3	177 49,0	126 24,2	9,70260		187 5,2	—12 19,4
143	1822 III	Juli 15,84	237 44,5	98 7,1	143 41,6	9,92795		226 11,2	—30 2,8
144	1822 IV	Okt. 23,74	181 4,9	93 7,9	127 20,8	0,05884	0,99630	272 28,5	— 51,6
145	1823	Dez. 9,44	28 30,1	303 25,0	103 48,4	9,35553		296 2,0	27 36,4
146	1824 I	Juli 11,53	334 6,1	234 42,7	125 26,5	9,77208		250 26,2	—20 50,7
147	1824 II	Sept. 29,07	85 15,1	279 38,8	54 35,6	0,02112		1 29,3	54 19,1
148	1825 I	Mai 30,53	106 10,8	20 29,0	123 19,5	9,94891	0,99639	263 38,6	53 22,0
149	1825 II	Aug. 18,72	177 18,3	193 13,1	89 14,6	9,94619		13 12,2	2 41,7
150	1825 IV	Dez. 10,69	256 56,5	216 4,2	146 26,0	0,09372	0,99543	321 37,5	—32 35,4
151	1826 II	Apr. 21,92	279 23,8	197 56,6	39 59,8	0,30261		120 8,0	—39 21,3
152	1826 III	Apr. 29,05	4 42,6	40 51,5	174 43,1	9,27443		36 10,1	26,0
153	1826 IV	Okt. 8,98	13 46,5	44 20,4	25 56,2	9,93089	0,99749	56 46,4	5 58,7
154	1826 V	Nov. 18,41	279 36,0	235 27,4	90 38,0	8,42981		236 11,7	—80 22,8
155	1827 I	Febr. 4.92	151 2,3	184 53,9	102 24,5	9,70429		11 40,8	28 13,3
156	1827 II	Juni 7,84	20 38,7	318 29,6	136 21,4	9,90749		303 14,5	14 5,0
157	1827 III	Sept. 11,70	258 42,1	149 58,9	125 55,2	9,13939	0,99927	258 48,9	—52 34,2
158	1830 I	Apr. 9,30	5 49,6	206 38,5	21 16,4	9,96446		212 4,4	2 6,7
159	1830 II	Dez. 27,67	26 53,8	336 9,0	135 14,5	9,09998		318 20,5	18 34,5
160	1832 II	Sept. 25,58	204 36,4	72 42,8	136 40,1	0,07299		234 17,3	—16 36,2
161	1833	Sept. 10,40	260 52,8	323 43,0	7 18,4	9,66684		224 31,3	— 7 12,8
162	1834	Apr. 2,80	50 8,1	226 47,8	5 59,2	9,71027		276 46,7	4 35,5
163	1835 I	März 27,21	210 27,1	58 35,8	170 52,5	0,30966		208 25,8	— 4 36,6
164	1840 I	Jan. 4,48	72 14,2	120 6,1	53 5,6	9,79129	0,99991	182 1,4	49 35,8
165	1840 II	März 13,08	156 35,9	236 58,5	120 47,0	0,08644	0,99498	69 27,8	19 57,1
166	1840 III	Apr. 2,44	138 2,9	186 10,6	79 52,2	9,87419		357 11,6	41 9,1
167	1840 IV	Nov. 13,67	133 35,9	249 3,4	57 58,1	0,17059	0,97112	39 56,3	37 52,4
168	1842 II	Dez. 15,96	240 32,3	207 55,5	106 25,9	9,70277		1 19,5	—56 37,8
169	1843 I	Febr. 27,42	82 38,0	1 25,8	144 20,1	7,74251	0,99991	280 28,3	35 19,6
170	1843 II	Mai 6,06	124 14,8	157 21,2	52 44,7	0,20853	1,00018	295 42,6	41 8,6
171	1844 I	Sept. 2,48	278 42,1	63 54,0	2 54,8	0,07420	0,61737	342 36,8	— 2 52,8
172	1844 II	Okt. 17,35	211 15,0	31 43,3	131 24,1	9,93216	0,99960	189 51,3	—22 54,0
173	1844 III	Dez. 13,70	177 32,5	118 29,9	45 34,9	9,39945	0,99973	296 46,6	1 45,3
174	1845 I	Jan. 8,17	114 35,5	336 48,6	46 51,0	0,95675	1,00025	100 36,0	41 33,5
175	1845 II	Apr. 21,05	205 27,3	347 11,1	56 23,0	0,09849		181 56,9	—20 58,4
176	1845 III	Juni 5,69	75 48,3	337 53,0	131 4,9	9,60324	0,99991	268 56,2	46 57,0
177	1846 I	Jan. 22,10	337 57,9	111 11,7	47 26,1	0,17047	0,99240	95 53,0	—16 2,4
178	1846 IV	März 5,55	12 53,5	77 36,0	85 6,5	9,82206	0,96291	78 43,7	12 50,6
179	1846 V	Mai 27,90	78 44,8	161 22,0	122 24,8	0,13862		91 43,9	55 53,5
180	1846 VI	Juni 11,4	339 37,6	260 27,3	30 40,2	0,18449	0,72860	242 44,5	—10 13,7

Nr.	Jahr	T	ω	Ω	i	log q	e	Koordinaten des Perihels l	b
181	1846 VII	Juni 5,48	99 45,6	261 55,6	150 40,9	9,81193	0,99041	160 46,0	28 51,2
182	1846 VIII	Okt. 29,78	93 58,3	4 44,7	49 42,0	9,91943		100 52,3	49 32,4
183	1847 I	März 30,29	254 20,6	21 44,3	48 38,8	8,62934	0,99991	268 45,1	—46 17,2
184	1847 II	Juni 4,70	32 20,6	173 59,6	100 26,2	0,32535		167 27,0	31 44,8
185	1847 III	Aug. 9,34	91 31,8	338 18,6	96 33,8	0,24701	0,99855	235 9,4	83 15,7
186	1847 IV	Aug. 9,35	55 26,1	76 45,5	147 21,2	0,17168		26 3,0	26 22,5
187	1847 V	Sept. 9,52	129 18,0	302 52,9	19 9,0	9,68868	0,97386	80 47,3	14 42,3
188	1847 VI	Nov. 14,41	276 36,9	190 52,4	108 9,1	9,51725	1,00017	260 27,3	—70 43,1
189	1848 I	Sept. 8,05	260 57,6	211 33,4	95 36,6	9,50508		359 59,3	—79 22,4
190	1849 I	Jan. 19,35	208 1,3	215 13,7	85 2,9	9,98215	1,00002	37 51,5	—27 54,5
191	1849 II	Mai 26,50	33 10,3	202 33,6	67 9,9	0,06623	1,00071	216 47,7	30 17,0
192	1849 III	Juni 8,22	236 34,4	30 32,7	66 56,6	9,95152	0,99843	241 13,7	—50 10,1
193	1850 I	Juli 23,53	180 31,6	92 53,5	68 11,6	0,03401	0,99885	273 5,2	— 29,3
194	1850 II	Okt. 19,34	243 13,2	206 0,0	40 4,8	9,75250		82 35,4	—35 5,1
195	1851 III	Aug. 26,25	87 16,8	223 39,8	38 12,9	9,99332	0,99992	310 12,2	38 9,9
196	1851 IV	Sept. 30,80	294 25,0	44 20,7	73 58,6	9,15210		13 2,6	—61 4,0
197	1852 II	Apr. 20,09	37 59,2	317 20,2	103 58,2	9,95859	1,02394	290 13,4	27 41,5
198	1852 IV	Okt. 17,75	57 3,4	346 8,8	40 55,5	0,09694	0,91982	35 31,8	33 21,0
199	1853 I	Febr. 24,03	275 51,0	69 30,7	159 45,1	0,03830		153 16,8	—20 8,3
200	1853 II	Mai 9,83	199 13,0	40 55,1	122 11,0	9,95842	0,98930	210 24,0	—16 10,5
201	1853 III	Sept. 1,71	170 25,8	140 28,7	61 31,0	9,48691	1,00026	315 52,9	8 24,2
202	1853 IV	Okt. 16,61	277 51,0	220 3,4	119 0,3	9,23724	1,00123	296 11,0	—60 2,4
203	1854 I	Jan. 3,94	170 56,2	226 59,5	113 53,2	0,31062		50 41,8	8 16,9
204	1854 II	März 24,02	101 38,3	315 24,5	97 28,3	9,44288		168 40,2	76 11,9
205	1854 III	Juni 22,00	74 34,3	347 36,3	108 41,0	9,81164		298 21,0	65 56,8
206	1854 IV	Okt. 27,52	129 55,7	324 23,9	40 53,7	9,90231	0,99246	102 18,7	30 8,1
207	1854 V	Dez. 15,72	287 1,8	238 3,3	14 9,3	0,13273	0,98637	165 35,2	—13 31,3
208	1855 I	Febr. 5,05	323 6,0	189 39,4	128 35,7	0,34114	0,96519	214 45,2	—27 59,3
209	1855 II	Mai 30,21	22 39,2	260 11,0	156 52,9	9,75421	0,99090	239 11,1	8 41,8
210	1855 IV	Nov. 25,40	325 31,5	51 28,3	169 48,8	0,09026		85 31,4	— 5 44,7
211	1857 I	März 21,38	121 34,7	313 3,3	87 56,0	9,88789	0,99998	129 41,9	58 21,7
212	1857 III	Juli 17,98	134 3,3	23 35,1	121 1,0	9,56530		231 37,4	38 1,1
213	1857 IV	Aug. 24,00	180 57,6	200 43,4	32 46,4	9,87323	0,98037	21 31,8	— 31,2
214	1857 V	Sept. 30,91	124 52,9	14 50,8	123 57,1	9,75021	0,99592	233 32,8	42 52,2
215	1857 VI	Nov. 19,08	95 5,3	139 11,9	142 11,1	0,00389	0,99700	42 46,0	37 38,4
216	1858 III	Mai 2,97	25 42,3	174 58,5	19 30,0	0,06040	0,67368	199 22,9	8 19,5
217	1858 IV	Juni 5,30	98 52,0	324 51,4	99 57,3	9,73581		192 47,6	76 41,9
218	1858 VI	Sept. 29,97	129 6,7	165 12,5	116 58,2	9,76228	0,99629	14 21,7	43 45,1
219	1858 VII	Okt. 12,84	155 34,0	159 39,8	158 42,9	0,15433	0,99568	2 36,4	8 38,1
220	1859	Mai 29,23	282 0,2	357 13,2	95 28,3	9,30326		21 22,5	—76 49,5
221	1860 I	Febr. 16,63	209 46,2	323 55,2	79 39,9	0,07877		149 46,7	—29 14,4
222	1860 II	März 5,57	41 12,6	8 44,1	48 13,1	0,11616		39 0,0	29 25,5
223	1860 III	Juni 16,07	76 51,9	84 32,1	79 19,4	9,46670		122 58,9	73 8,0
224	1860 IV	Sept. 22,32	311 56,9	44 43,1	32 11,9	9,83420		1 26,6	—23 20,8
225	1861 I	Juni 3,40	213 26,3	29 46,2	79 45,4	9,96412	0,98346	216 28,0	—32 50,3

Nr.	Jahr	T	ω	Ω	i	log q	e	Koordinaten des Perihels l	b
226	1861 II	Juni 11,51	330 6,2	278 48,8	85 26,3	9,91507	0,98508	276 11,7	—29 47,5
227	1861 III	Dez. 7,18	331 35,0	144 55,9	138 1,2	9,92378		166 50,6	—18 33,6
228	1862 II	Juni 22,04	27 13,9	326 24,4	172 5,5	9,99181		299 16,7	3 36,6
229	1862 III	Aug. 22,92	152 45,5	137 17,2	113 34,3	9,98346	0,96035	328 55,2	24 48,4
230	1862 IV	Dez. 28,18	230 34,5	355 36,0	137 31,3	9,90184		133 42,4	—31 26,6
231	1863 I	Febr. 3,50	74 26,9	116 44,7	85 22,0	9,90024	1,00007	132 55,9	73 47,3
232	1863 II	Apr. 4,91	4 0,1	251 4,8	112 37,8	0,02861		249 32,6	3 41,6
233	1863 III	Apr. 20,87	55 36,7	269 59,1	85 30,0	9,79850	0,99908	256 31,5	55 21,2
234	1863 IV	Nov. 9,49	357 12,7	97 19,5	78 4,8	9,84917	0,99899	96 44,9	— 2 43,7
235	1863 V	Dez. 27,77	115 41,1	304 33,4	64 28,6	9,88733		82 42,0	54 24,9
236	1863 VI	Dez. 29,17	78 5,4	104 50,2	83 19,3	0,11830	1,00065	133 42,5	76 22,1
237	1864 I	Juli 27,82	346 5,7	174 47,2	135 0,1	9,79665		184 43,0	— 9 47,0
238	1864 II	Aug. 15,58	150 59,5	94 59,5	178 7,8	9,95780	0,99635	303 59,2	54,4
239	1864 III	Okt. 11,40	232 26,9	31 34,1	109 41,8	9,96905	0,99936	187 53,7	—48 16,9
240	1864 IV	Dez. 22,46	118 27,9	203 0,5	48 52,7	9,88690		332 30,6	41 28,3
241	1864 V	Dez. 27,73	178 30,9	340 41,9	162 52,5	0,04713		162 7,1	26,2
242	1865 I	Jan. 14,33	111 44,3	252 43,9	92 29,9	8,41295		78 58,2	68 7,5
243	1866 I	Jan. 11,14	170 58,3	231 12,9	162 42,0	9,98968	0,90542	59 50,5	2 40,5
244	1867 I	Jan. 20,21	357 30,8	78 13,8	18 12,6	0,19790	0,86535	75 52,1	— 46,6
245	1867 III	Nov. 6,97	148 37,3	64 44,8	96 34,1	9,51899		248 44,4	31 9,0
246	1868 II	Juni 26,48	126 37,3	52 0,2	131 32,8	9,76236		273 44,8	36 55,1
247	1869 II	Okt. 9,87	188 12,5	311 14,5	111 40,3	0,09017		128 11,3	— 7 37,5
248	1870 I	Juli 14,09	198 12,9	141 28,0	121 48,0	0,00376		311 3,6	—16 14,6
249	1870 II	Sept. 2,20	354 56,9	12 39,6	99 21,0	0,25928		13 29,0	— 4 59,1
250	1870 IV	Dez. 19,88	90 35,5	94 27,7	147 16,4	9,59024		3 45,5	32 43,5
251	1871 I	Juni 10,61	222 31,6	279 1,0	87 35,9	9,81578	0,99781	101 13,2	—42 28,8
252	1871 II	Juli 27,04	96 20,1	211 36,7	101 59,6	0,03478	1,00002	93 29,9	76 27,5
253	1871 IV	Dez. 20,38	242 53,2	146 50,1	98 19,0	9,83965	0,99573	311 3,6	—61 44,0
254	1873 IV	Sept. 10,79	193 47,4	230 16,2	95 58,6	9,89985	0,99647	48 48,4	—13 42,8
255	1873 V	Okt. 1,77	233 45,3	176 24,2	121 29,0	9,58536	0,99973	320 56,2	—43 27,2
256	1873 VII	Dez. 1,40	195 39,1	250 7,5	29 54,9	9,86492		83 46,4	— 7 44,0
257	1874 I	März 9,94	269 29,8	29 58,0	58 52,6	8,64903		298 59,6	—58 52,3
258	1874 II	März 13,94	331 45,2	273 47,1	148 24,6	9,9473		298 22,5	—14 21,2
259	1874 III	Juli 8,86	152 21,7	118 24,4	66 21,3	9,82981	0,99882	286 32,8	25 8,8
260	1874 IV	Juli 17,71	149 36,5	215 30,7	34 8,4	0,22737	0,96283	9 37,1	16 29,7
261	1874 V	Aug. 26,85	92 38,4	251 9,8	41 49,8	9,99240	0,99885	344 42,3	41 46,5
262	1874 VI	Okt. 18,95	16 17,3	281 37,5	99 12,8	9,70606		278 56,8	16 4,3
263	1877 I	Jan. 19,19	347 10,3	186 52,5	152 54,8	9,90711		198 20,1	— 5 48,1
264	1877 II	Apr. 17,66	63 8,0	316 14,8	121 8,3	9,97771	0,99870	270 39,5	49 46,6
265	1877 III	Apr. 26,81	116 46,5	345 42,2	77 10,3	0,00391	0,99792	141 57,1	60 31,0
266	1877 V	Juni 28,08	103 14,8	183 54,3	115 44,7	0,02957		65 26,9	61 15,3
267	1877 VI	Sept. 11,22	143 13,5	250 37,3	102 13,9	0,19753		79 37,2	35 48,5
268	1878 I	Juli 20,70	177 34,3	101 52,4	78 11,0	0,14363		281 22,5	2 22,6
269	1879 II	Apr. 27,43	3 44,2	45 21,4	107 2,0	9,95257		44 15,6	3 34,4
270	1879 IV	Aug. 29,29	84 15,0	32 1,3	107 44,8	9,99628		320 18,2	71 22,4

Nr.	Jahr	T	ω	Ω	i	log q	e	Koordinaten des Perihels l	b
271	1879 V	Okt. 4,63	115 26,2	86 36,7	77 7,9	9,99566		241 31,2	61 41,3
272	1880 I	Jan. 27,62	86 14,5	5 40,6	144 38,9	7,73992		280 16,9	35 15,9
273	1880 II	Juli 1,75	145 12,3	256 50,1	123 3,7	0,25866		97 35,8	28 34,2
274	1880 III	Sept. 6,94	323 6,3	44 53,6	141 54,0	9,54978		75 27,9	—21 44,6
275	1880 V	Nov. 9,42	11 41,7	248 56,5	60 42,3	9,81927		254 43,5	10 10,9
276	1881 II	Mai 20,45	175 47,5	126 1,8	77 56,9	9,77165		304 43,7	6 4,3
277	1881 III	Juni 16,45	354 15,4	70 31,7	63 25,6	9,86602	0,99591	267 57,1	— 5 8,1
278	1881 IV	Aug. 22,31	122 7,0	96 36,4	140 14,0	9,80176		327 22,2	32 48,3
279	1881 V	Sept. 13.32	312 28.9	65 33.0	6 51,0	9,86050	0,82838	18 14,2	— 5 2,8
280	1881 VI	Sept. 14,37	6 18,5	273 44,1	112 48,8	9,65244		271 16,8	5 48,8
281	1881 VIII	Nov. 19,78	118 0,7	180 59.5	144 50,5	0,28396	0,97333	57 56,5	30 33,4
282	1882 I	Juni 10,54	208 59,8	204 29.7	73 48.9	8,78364	0,99999	33 16,6	—27 44,7
283	1882 II	Sept. 17,23	69 34,6	345 33.9	141 59,8	7,88899	0,99993	280 51,5	35 14,3
284	1882 III	Nov. 12,98	254 18,3	248 40,7	96 9,1	9,98026	1,00007	47 48,2	—73 10,3
285	1883 I	Febr. 18.96	110 55,2	277 40,3	76 3,8	9,88087	1,00034	69 15,4	66 2,7
286	1883 II	Dez. 25,12	137 36,8	263 50,3	114 42,0	9,48936	0,98084	104 42,9	37 46,1
287	1884 II	Aug. 16,49	301 1,4	4 41,1	5 27,3	0,10712	0,58421	305 49,4	— 4 40,4
288	1885 II	Aug. 5,54	178 26,7	91 48,0	80 39,4	0,39929	1,00285	271 32,8	1 32,1
289	1885 III	Aug. 10,16	42 51,7	204 16.0	59 6,8	9,87457	0,98226	229 44,3	35 42,9
290	1885 V	Nov. 25,52	35 37,9	261 41,6	42 26,5	0,03327		289 34,2	23 9,0
291	1886 I	Apr. 5,96	126 34,5	35 52,2	82 37,3	9,80779	1,00045	206 3,0	52 47,3
292	1886 II	Mai 3,29	119 36,2	67 49,2	84 26,0	9,68058	1,00023	238 7,9	59 55.6
293	1886 III	Mai 4,53	38 44.8	287 24.0	100 9,7	9,92573	1,01303	279 20,5	38 1,8
294	1886 IV	Juni 6,69	176 46,8	52 59,9	12 43,3	0,12311	0,57874	229 51,4	42,4
295	1886 V	Juni 7,39	201 17,6	192 6,6	87 40,9	9,43105	0,99679	13 0,8	—21 16,5
296	1886 VIII	Nov. 28,41	31 55,9	257 42,8	85 33,3	0,17047		260 28,7	31 49.5
297	1886 IX	Dez. 16,50	86 20,1	136 52,5	101 37,8	9.82173	1,00038	64 30,1	77 48,8
298	1887 I	Jan. 11,14	58 21,1	324 7,1	128 27,7	7,98511		278 51,5	41 48,3
299	1887 II	März 17,40	159 26,5	279 25,3	104 16,1	0,21223	0,96315	104 42,2	19 53,8
300	1887 III	März 28,44	36 32,2	134 56,0	139 47,5	0,00279		105 25,8	22 36,1
301	1887 IV	Juni 16,67	15 8.9	244 41,5	17 33,3	0,14420	0,99609	259 9,9	4 31,2
302	1888 I	März 17,01	0 0,0	244 50,8	42 15,3	9,84434	0,99585	244 50,8	0,0
303	1888 III	Juli 31,14	59 11,8	100 58,1	74 11,8	9,95532	0,99991	125 31,1	55 44,2
304	1888 V	Sept. 12,79	290 47,6	137 0,2	56 21,4	0,18407	0,99140	81 25,7	—51 6,2
305	1889 I	Jan. 31,18	340 27,6	356 52,4	166 21,9	0,25885	1,00109	15 54,2	— 4 31,3
306	1889 II	Juni 10,78	236 5,8	310 10,6	163 50,3	0,35321	0,99952	75 9,4	—13 21,4
307	1889 III	Juni 20,75	60 8,7	270 24,8	31 12,8	0,04234	0,95667	326 32,8	26 42,5
308	1889 IV	Juli 19,29	345 53,0	285 36,5	65 59,1	0,01692	0,99772	279 45,9	—12 52,4
309	1889 VI	Nov. 29,58	69 46,6	329 50,7	10 16,3	0,13234	0,68460	39 19,2	9 37,9
310	1890 I	Jan. 26,49	199 51,6	7 57,7	56 43,9	9,43098		199 10,2	—16 30,1
311	1890 II	Juni 15,40	68 56,4	319 47,3	120 33,1	0,28048	1,00041	266 56.0	53 28,8
312	1890 III	Juli 8,53	85 37,7	13 44,0	63 20,5	9,88304		94 3,8	63 0,7
313	1890 IV	Aug. 6,89	331 14,4	84 47,9	154 18.5	0,31105	0,99587	111 6,9	—12 2,4
314	1890 VI	Sept. 24,51	163 2,0	99 33,6	98 56,6	0,10045	0,99915	282 16,5	16 45,3
315	1890 VII	Okt. 26,53	13 18,1	44 32,5	12 49,9	0,25943	0,47130	57 31,3	2 55,7

Nr.	Jahr	T	ω	Ω	i	log q	e	Koordinaten des Perihels l	b
316	1891 I	Apr. 27,53	178 45,5	193 22,7	120 31,8	9,59977		14 0,6	1 4,2
317	1891 IV	Nov. 13,56	269 35,5	217 25,5	78 0,0	9,98720	0,99932	125 27,7	— 77 59,6
318	1892 I	Apr. 6,67	24 32,6	240 19,9	38 42,0	0,01157		259 56,6	15 3,5
319	1892 II	Mai 11,23	129 20,2	252 50,6	89 42,0	0,29462	1,00035	72 28,6	50 39,7
320	1892 V	Dez. 10,68	170 0,8	205 55,5	31 16,6	0,15601	0,58968	17 22,0	5 9,9
321	1892 VI	Dez. 28,10	252 43,4	263 53,5	24 47,8	9,98932		154 58,8	—23 36,4
322	1893 I	Jan. 6,50	85 13,4	185 3,4	143 52,1	0,07741		100 57,8	35 59,2
323	1893 II	Juli 7,28	47 8,1	336 55,3	159 57,7	9,82901	0,99946	291 34,4	14 32,7
324	1893 IV	Sept. 19,23	347 27,1	174 19,2	129 50,5	9,90955	0,99649	182 26,1	— 9 36,2
325	1894 I	Febr. 9,46	46 11,2	83 49,1	5 31,8	0,05362	0,70255	129 52,3	3 59,2
326	1894 II	Apr. 13,40	324 11,8	205 47,4	86 59,0	9,99257	0,99101	203 37,0	—35 44,8
327	1894 IV	Okt. 12,17	296 28,5	48 12,8	2 57,6	0,14356	0,57158	344 43,1	— 2 39,0
328	1895 II	Aug. 20,82	167 45,8	169 41,1	3 0,9	0,11327	0,65249	337 27,9	38,3
329	1895 III	Okt. 21,06	298 45,8	82 27,4	76 14,8	9,92585		59 2,3	—58 22,4
330	1895 IV	Dez. 18,33	272 40,7	319 52,6	141 36,4	9,28326		46 27,7	—38 20,6
331	1896 I	Jan. 31,78	358 20,8	208 12,4	155 45,1	9,76889		209 42,9	— 40,7
332	1896 III	Apr. 17,65	1 44,4	177 36,4	55 34,8	9,75304	1,00048	178 35,4	1 26,1
333	1896 IV	Juli 10,95	41 3,0	150 20,8	88 26,3	0,05801		151 42,4	41 1,9
334	1896 V	Okt. 27,79	140 23,9	192 37,1	11 23,4	0,15376	0,59621	333 34,5	7 13,9
335	1897 I	Febr. 8,11	172 18,1	85 48,4	146 8,3	0,02644	1,00093	272 12,7	4 16,8
336	1897 III	Dez. 8,65	65 53,2	31 24,4	69 35,7	0,13248		69 19,4	58 48,8
337	1898 I	März 17,14	47 19,6	261 45,9	72 31,8	0,03951	0,98039	279 48,1	44 31,9
338	1898 V	Juli 25,50	22 25,9	277 39,0	166 49,9	0,17647		255 45,1	4 59,2
339	1898 VI	Aug. 16,21	205 38,1	258 25,5	70 1,9	9,79688		87 43,9	—23 59,5
340	1898 VII	Sept. 14,05	233 14,9	73 19,3	69 55,9	0,23086	1,00103	278 0,0	—48 48,9
341	1898 VIII	Sept. 20,08	4 34,5	95 11,4	22 30,6	0,35876		99 25,0	1 45,0
342	1898 IX	Okt. 20,58	162 21,0	34 13,5	28 50,7	9,62364		198 39,1	8 24,7
343	1998 X	Nov. 23,16	123 31,8	95 37,6	140 21,1	9,87850	0,99974	324 54,7	32 8,1
344	1899 I	Apr. 12,98	8 41,5	24 17,9	146 15,2	9,51398	1,00034	17 3,2	4 48,9
345	1899 V	Sept. 14,44	10 30,6	271 33,5	76 59,4	0,25154		273 57,0	10 14,2
346	1900 I	Apr. 28,91	24 21,0	39 40,1	146 26,9	0,12416		19 0,2	13 10,3
347	1900 II	Aug. 3,21	12 25,9	327 19,0	62 31,0	0,00640	1,00042	333 7,5	11 0,6
348	1900 III	Nov. 28,04	171 6,6	196 0,1	29 51,3	9,96935	0,73312	8 16,6	4 24,7
349	1901 I	Apr. 24,26	203 0,8	108 55,8	131 5,4	9,38879	0,99979	273 19,9	—17 8,2
350	1902 I	Mai 7,13	228 22,3	51 40,1	66 30,2	9,65436		255 49,7	—43 16,4
351	1902 II	Juni 20,34	301 47,3	216 46,1	16 43,2	9,76618		159 40,5	— 14 9,3
352	1902 III	Nov. 23,86	152 57,0	48 37,0	156 20,9	9,60321		253 41,0	10 30,7
353	1903 I	März 16,01	133 42,4	1 33,5	30 55,4	9,61338	0,99967	139 39,1	21 48,4
354	1903 II	März 23,29	5 44,6	116 43,9	43 54,2	0,44316		120 52,6	3 58,8
355	1903 III	März 25,43	184 57,3	212 23,5	66 29,9	9,68947		34 22,3	— 4 32,6
356	1903 IV	Aug. 27,61	127 19,8	292 48,5	84 59,6	9,51813		106 16,8	52 23,0
357	1904 I	März 7,06	53 30,3	275 1,1	125 7,5	0,43248		237 8,7	41 6,7
358	1904 II	Nov. 3,28	40 44,5	217 41,7	99 36,8	0,27458	1,00028	209 30,5	40 3,1
359	1905 II	Jan. 16,65	352 13,1	75 56,3	30 31,9	0,13506	0,61974	69 13,5	— 3 56,7
360	1905 III	Apr. 4,08	358 13,7	156 37,3	40 14,6	0,04735	0,97496	155 16,1	— 1 8,7

Nr.	Jahr	T	ω	Ω	i	log q	e	Koordinaten des Perihels l	b
361	1905 IV	Okt. 17,60	158 38,0	341 28,2	4 15.8	0,52366		140 9,5	1 33,1
362	1905 V	Okt. 25,77	132 43,3	222 10,4	140 35,4	0,02211	1,00019	82 5,4	27 48,0
363	1905 VI	Dez. 22,19	89 44,3	285 35,4	126 27,4	0,11242		196 8,4	53 32,6
364	1906 I	Jan. 22,36	199 11,3	91 17,8	43 39,4	9,33425		285 25,7	−13 6,9
365	1906 II	Febr. 20,94	276 26,7	71 15,6	83 27,4	9,85909		26 0,6	−80 49,5
366	1906 IV	Mai 3,06	19 36.7	262 58.9	8 32,1	0,22875	0,51957	282 23,6	2 51,3
367	1906 VI	Okt. 5,66	196 28,7	194 35,6	14 54,4	0,21000	0,60238	30 32,7	— 4 11,1
368	1906 VII	Nov. 21,31	8 44,2	84 9,0	56 33,7	0,08441		88 59,4	7 16,9
369	1907 I	März 19,14	317 5,1	96 22,6	141 39,9	0,31212		132 28,8	−24 59,0
370	1907 II	März 27,58	328 47,2	188 15.4	109 40,1	9,96596		199 47,0	−29 12,5
371	1907 III	Mai 31,18	39 34,7	160 5,0	14 51,4	0,09242		198 42,5	9 24,1
372	1907 IV	Sept. 3,95	294 20,1	142 16,4	8 58,5	9,70966		76 52,5	— 8 10,3
373	1907 V	Sept. 14,36	294 21,6	53 47,6	119 37,5	9,99253		101 18,3	−52 21,7
374	1907 VI	Dez. 6.01	39 28,3	316 16.0	10 26,3	0,58445	0,99994	355 16,2	6 36,8
375	1908	Dez. 25,79	171 37,2	102 20,8	140 11,0	9,97532		288 48,1	5 21,3
376	1909	Juni 5,27	5 1,5	304 47,3	52 3,4	9,92583		307 53,0	3 57,6
377	1910	Nov. 28,88	3 35,1	70 9,5	19 23,3	0,14017	0,59950	73 32,4	1 11,4

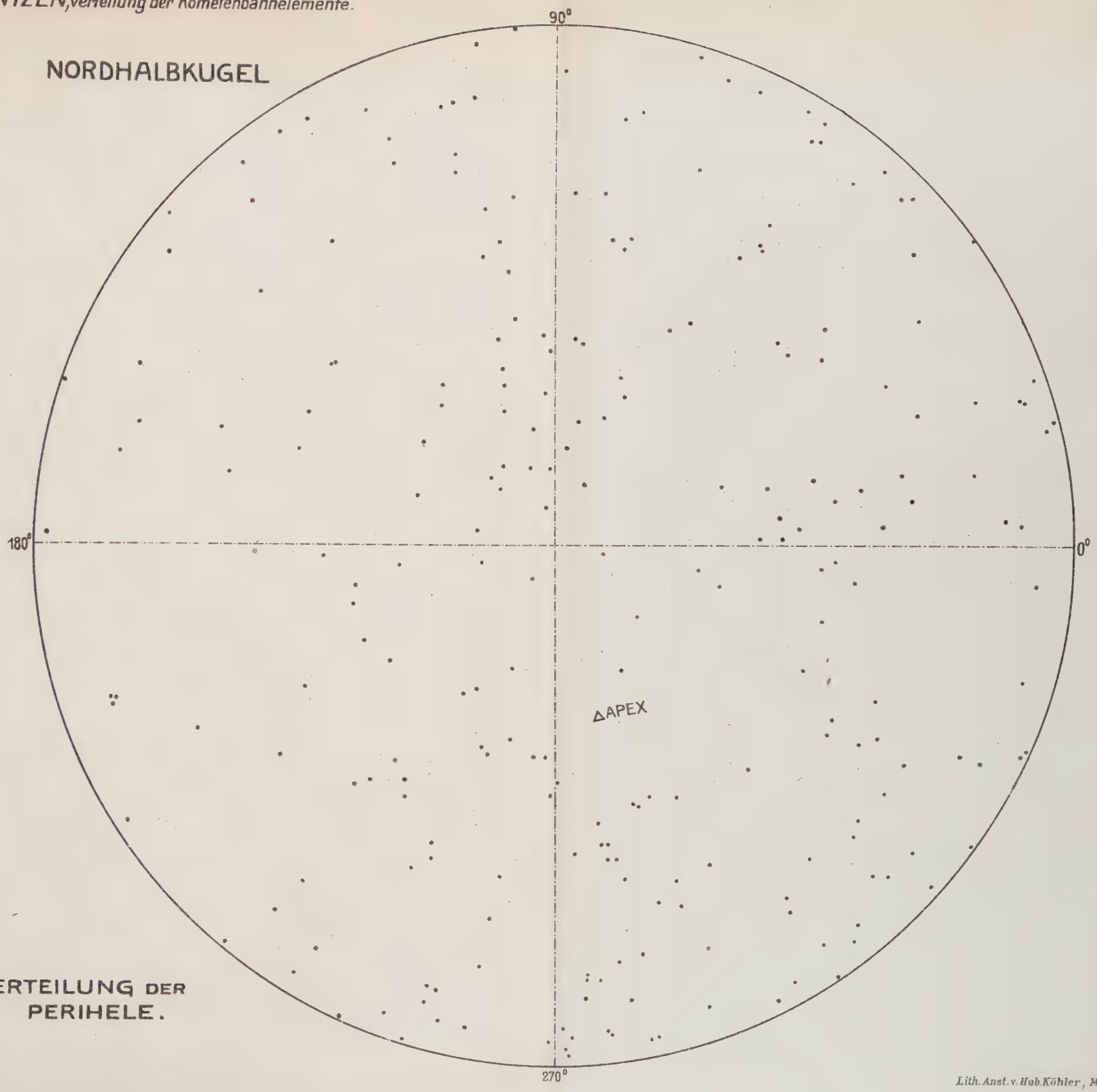
Periodische Kometen.

Nr.	Name	T	ω	Ω	i	log q	e	Koordinaten des Perihels l	b
378	Halley	1910 Apr. 19,68	111 40,9	56 24,6	162 12,3	9,76879	0,96728	303 44,8	16 29,9
379	Olbers	1887 Okt. 8.49	65 20,7	83 59,1	44 36,3	0,07886	0,93113	141 10.5	39 39,4
380	Pons-Broks	1884 Jan. 25,72	199 11,9	253 40,3	74 2,6	9,88971	0,95500	79 8.6	−18 25,9
381	Tuttle	1899 Mai 24,47	206 39,7	269 7,3	54 29,3	0,00821	0,82172	105 22,9	−21 25,4
382	Fay	1888 Aug. 19,94	201 14,1	209 9,6	11 19,9	0,24008	0,54902	50 1,0	— 4 4,9
383	Broks	1903 Dez. 6,42	343 36,2	17 23,6	6 3,4	0,29202	0,46978	1 5,0	— 1 42,4
384	Holmes	1906 März 14,19	14 17,4	330 58,7	20 48,5	0,32689	0,41216	344 22,3	5 1,8
385	Wolff	1898 Juli 4,57	172 53,1	205 45,9	25 12,6	0,20494	0,55534	19 19,3	3 1,5
386	Biela	1852 Spt. 23,73	223 17,0	245 49.6	12 33,3	9,93480	0.75592	108 25,1	— 8 34,3
387	d'Arrest	1897 Mai 21,71	173 3,1	145 43,0	15 43,3	0,11099	0,62730	319 1.6	1 52,7
388	Finlay	1906 Spt. 7,29	315 39.7	51 44,3	3 2,7	9,98454	0,72405	7 26,5	— 2 7,7
389	Perrinet	1909 Okt. 31,83	166 53,2	241 26,7	15 40,7	0,05830	0,66170	48 48,2	3 30,9
390	Winnecke	1898 Mrz. 20,51	173 20,2	100 11,8	16 59,7	9,96573	0,71973	271 10.7	2 20,7
391	Tempel$_1$	1879 Mai 7,12	159 28.2	78 23,0	9 46,1	0,24825	0,46255	238 7,6	3 24,8
392	Temp.$_3$ Sw.	1908 Spt. 30,85	113 45,8	289 24,5	5 26,3		0,63780	45 16,1	4 53.8
393	Brorsen	1879 Mrz. 30.54	14 54,7	100 54,3	29 23,3	9,77074	0,80984	113 58,1	7 15,3
394	Tempel$_2$	1904 Nov. 10,44	185 43,1	120 16,2	12 39.2	0,14255	0,54221	305 51,1	— 1 15,0
395	Encke	1905 Jan. 11,35	184 36,1	333 41,3	12 35,2	9,83974	0.84718	158 10,8	— 1 0,1

Lebenslauf.

Ich, Heinrich Kasimir Jantzen, wurde am 19. November 1885 geboren und bin katholischer Konfession. Bis zum 15. Lebensjahre habe ich zu Hause Privatunterricht genommen, dann besuchte ich zuerst die Privatrealschule von Górski, später die Kommerzschule von Rontaler. Im Jahre 1905 habe ich das Abiturientenexamen am Staatsgymnasium zu Zarskoje-Selo erledigt, wodurch ich zum Studium an allen Hochschulen berechtigt wurde.

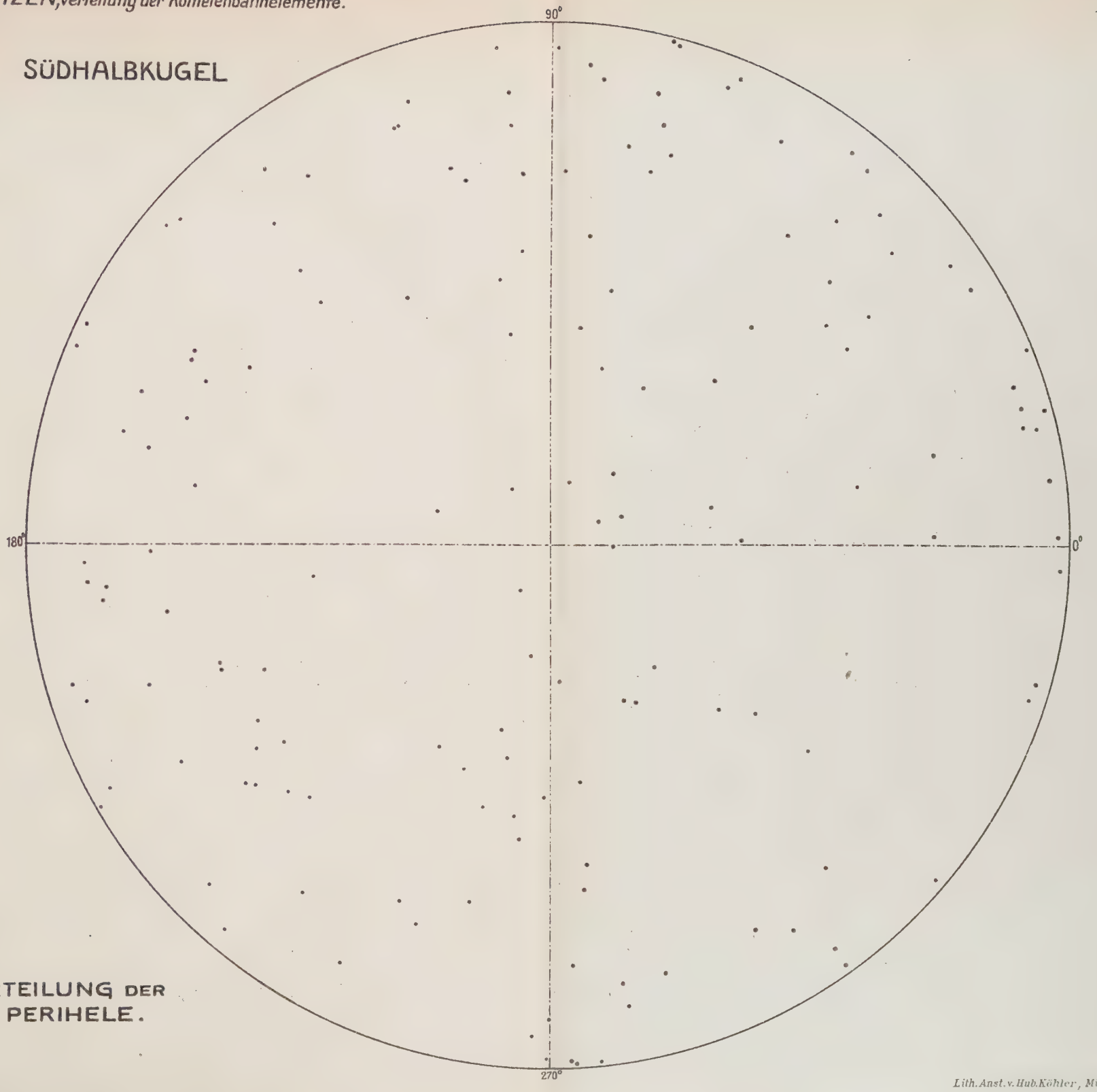
Meine Universitätsstudien habe ich im Jahre 1905 in Krakau der Mathematik gewidmet. Von 1908 ab habe ich in Göttingen, und von 1910 ab an der Universität in München Astronomie und verwandte Wissenschaften studiert.



VERTEILUNG DER PERIHELE.

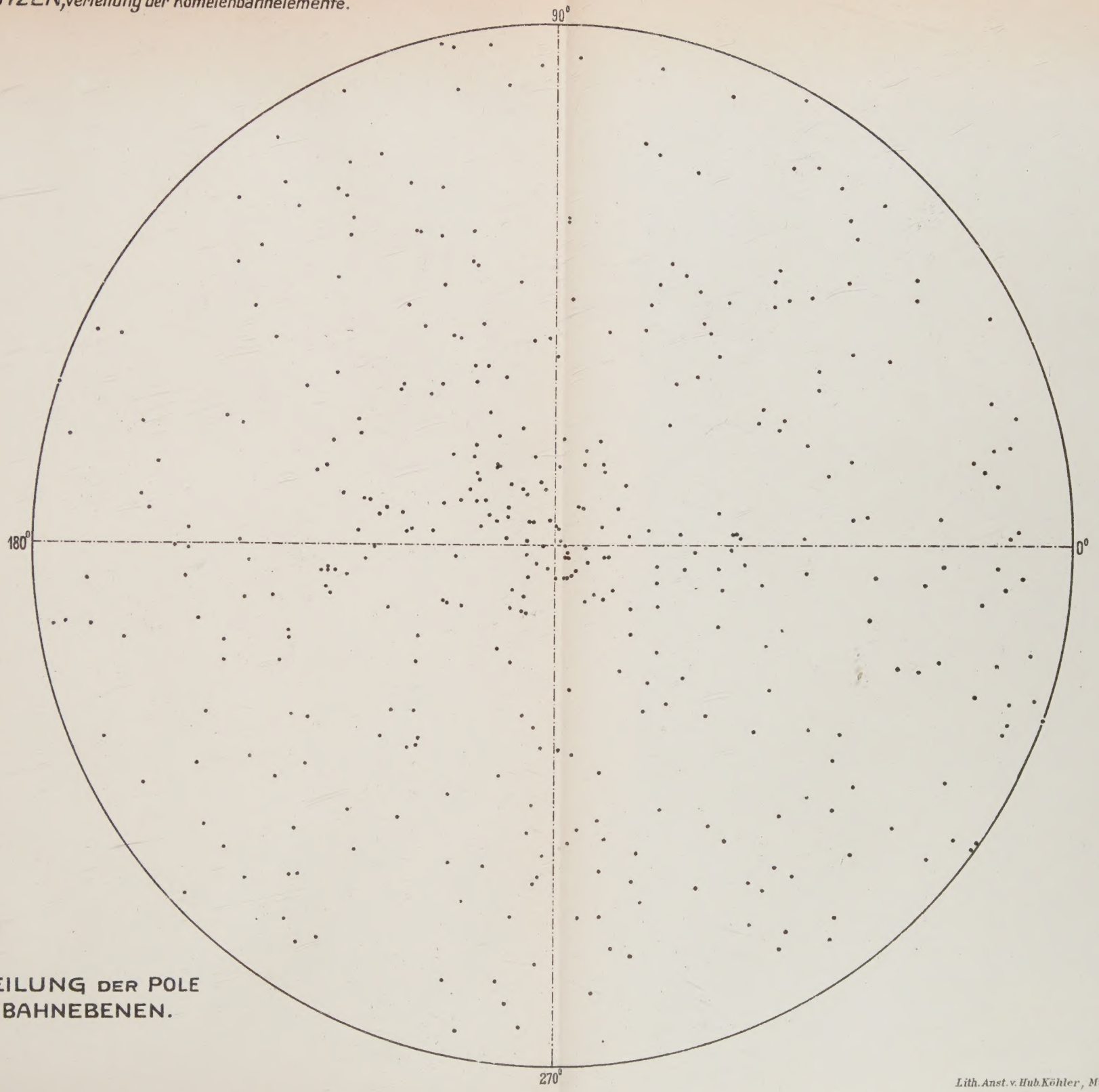
Lith. Anst. v. Hub. Köhler, München.

SÜDHALBKUGEL



VERTEILUNG DER PERIHELE.

Lith. Anst. v. Hub. Köhler, München.



VERTEILUNG DER POLE DER BAHNEBENEN.

Lith. Anst. v. Hub. Köhler, München.

VERTEILUNG DER POLE
DER BAHNEBENEN.